

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 6 月 30 日 (30.06.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/060168 A1

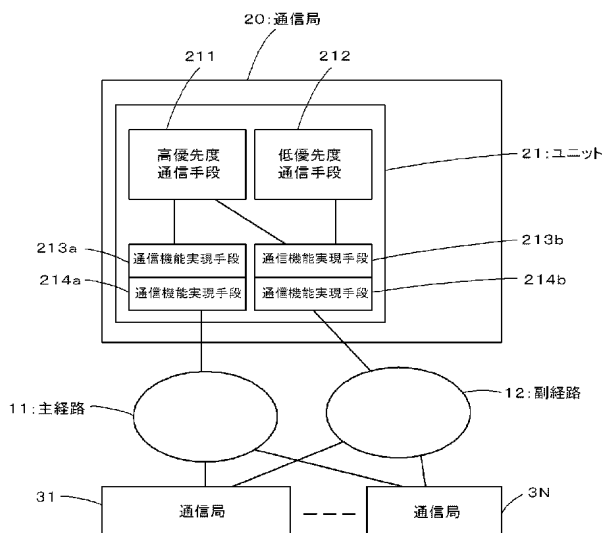
- (51) 国際特許分類: H04L 12/28
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/011537
- (22) 国際出願日: 2004 年 8 月 11 日 (11.08.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2003-415989  
2003 年 12 月 15 日 (15.12.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 横河電機株式会社 (YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 出町 公二 (DEMACHI, Koji) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 江橋博道 (EBASHI, Hiromichi) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 赤羽国治 (AKABANE, Kuniharu) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 中島剛 (NAKAJIMA, Takeshi) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 幅口健二 (HABAGUCHI, Kenji) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 村上真之 (MURAKAMI, Masayuki) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町 2 丁目 9 番 3 2 号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 横井豊明 (YOKOI, Toyoaki) [JP/JP];

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 通信制御システム



(57) Abstract: It is possible to realize a communication control system capable of performing communication simultaneously satisfying the request for industrial employment and the request for obtaining an open system. For this, the same communication station includes high priority communication means for performing critical communication realizing a real time execution and a high reliability and low priority communication means for performing communication of an open standard protocol.

(57) 要約: 工業用途の要求とオープン化の要求を同時に満たした通信が行える通信制御システムを実現する。このために、本発明では、実時間性、高信頼性を実現するクリティカルな通信を行う高優先度通信手段と、オープンな標準プロトコルの通信を行う低優先度通信手段を同一の通信局に並存させた。

20... COMMUNICATION STATION  
211... HIGH PRIORITY COMMUNICATION MEANS  
212... LOW PRIORITY COMMUNICATION MEANS  
21... UNIT  
213a... COMMUNICATION FUNCTION REALIZING MEANS  
213b... COMMUNICATION FUNCTION REALIZING MEANS  
214a... COMMUNICATION FUNCTION REALIZING MEANS  
214b... COMMUNICATION FUNCTION REALIZING MEANS  
11... MAIN ROUTE  
12... SUB ROUTE  
31... COMMUNICATION STATION  
3N... COMMUNICATION STATION

WO 2005/060168 A1



〒1808750 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号  
横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 本郷健 (HONGO,  
Takeshi) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町2丁  
目9番32号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 石井昭  
徳 (ISHII, Akinori) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野  
市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内 Tokyo  
(JP). 十河定俊 (SOGO, Sadatoshi) [JP/JP]; 〒1808750  
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株  
式会社内 Tokyo (JP).

(74) 共通の代表者: 横川電機株式会社 (YOKOGAWA  
ELECTRIC CORPORATION); 〒1808750 東京都武蔵  
野市中町2丁目9番32号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,

NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可  
能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,  
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,  
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,  
IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,  
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### 通信制御システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、分散型制御システム等に用いられる通信制御システムに関するものである。

### 背景技術

[0002] 分散型制御システムは、石油化学、鉄鋼、紙パルプ、食品、薬品、電力等の幅広い分野のプラント運転制御に用いられている。

[0003] 図1は一般的な分散型制御システムの構成例を示した図である。

図1で、操作監視装置1と制御装置2は制御バス3に接続されている。制御装置2は操作監視装置1の監視下でプラント4を制御する。操作監視装置1はプラントの運転操作と監視を担当する。操作監視装置1は制御運転や監視をするための画面を表示する。プラントの規模に応じて複数の制御装置がプラントに分散配置される。制御バス3を介して、操作監視装置1と制御装置2が相互に通信をしながらプラントを制御する。

[0004] プラント4に存在するセンサ機器5, 6は、温度、圧力、液位等のプロセス値を検出する。バルブ7, 8は制御装置2から与えられる操作信号によって開度が制御される。センサ機器5, 6が出力した4〜20mA, 1〜5Vのアナログ信号が制御装置2に入力される。この入力をもとに制御装置2にある制御ユニット(図示せず)は、制御演算を行い、操作量を求める。この操作量は4〜20mA, 1〜5Vのアナログ信号として出力され、この出力によりバルブ7, 8の開度を制御する。例えば反応釜のバルブ開度を制御することによって、温度、圧力等のプロセス量を制御する。

[0005] 従来における分散型制御システムの制御バスは、プロセス制御専用のバスであった。また、制御バスのプロトコルはプロセス制御専用のプロトコルになっていた。

近年、IT(情報技術)やWeb関連技術の著しい進歩により、分散型制御システムの制御バスにもオープン化が求められてきた。オープン化要求の一つとして、制御バスをイーサネット(登録商標)をベースとしたネットワークにしたいという要求が高まりつつ

ある。

このような背景から工業用イーサネット(登録商標)を分散型制御システムの制御バスに適用することが検討されている。

[0006] 特許文献1には、TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)プロトコルで通信を行う通信局をイーサネット(登録商標)上に接続したときに、ネットワークアダプタを冗長化構成にしてもユーザアプリケーションプログラムが冗長化を意識する必要がない通信制御システムが記載されている。

[0007] 特許文献1:特開平11-205356号公報

[0008] しかし、現状の工業用イーサネット(登録商標)ではプロセス制御で要求されている実時間性や信頼性を満たしていないため、実用化が困難な状況にある。

[0009] 従来のシステムでは、次の事情から実時間性や信頼性を保証することと、オープン化を実現することの両立が難しかった。

(a)イーサネット(登録商標)やTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)等をベースとした標準プロトコルによる通信は、プロセス制御等の工業用途に使用する場合、実時間性や信頼性の面で十分に要求を満たしていない。

(b)実時間性と高信頼性を実現するための独自の専用プロトコルによる通信は、他システムと接続するときや、世の中に広く流通しているネットワーク機器やソフトウェアを利用するときには十分な互換性がないため、オープン化の要求を十分に満たさない。

[0010] 本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、実時間性、高信頼性を実現するクリティカルな通信手段と、オープンな通信手段を同一の通信局に並存させることによって、実時間性及び高信頼性と、オープン化を両立させた通信を行える通信制御システムを実現することを目的とする。

## 発明の開示

[0011] このような課題を解決するために、本発明は次のとおりの構成になっている。

[0012] (1)主経路と副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

前記主経路と前記副経路のそれぞれに対応して多重化されていて、通信機能を実現する通信機能実現手段と、

前記多重化された通信経路のいずれかに対応する通信機能実現手段を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、

前記副経路に対応する通信機能実現手段を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、

を有し、前記高優先度通信手段と低優先度通信手段は、1通信局内に並存することを特徴とする通信制御システム。

[0013] (2) 主経路と副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

前記主経路と前記副経路のそれぞれに対応して多重化されていて、OSI階層モデルの物理層にある通信機能を実現する第1の通信機能実現手段と、

前記多重化された第1の通信機能実現手段のそれぞれに対応して多重化されていて、OSI階層モデルのデータリンク層にある通信機能を実現する第2の通信機能実現手段と、

前記多重化された通信経路のいずれかに対応する通信機能実現手段を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、

前記副経路に対応する通信機能実現手段を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、

を有し、前記高優先度通信手段と低優先度通信手段は、1通信局内に並存することを特徴とする通信制御システム。

[0014] (3) 前記第2の通信機能実現手段は、

前記高優先度通信手段と低優先度通信手段に対応したそれぞれのMACアドレスを保持するアドレス保持手段と、

送信要求元が前記高優先度通信手段か低優先度通信手段のいずれであるかに応じて通信フレームに対応するMACアドレスを付加し、この通信フレームを通信経路に送出する送信手段と、

前記第1の通信機能実現手段から受信した通信フレームの宛先MACアドレスと前記アドレス保持手段で保持されたMACアドレスとを比較し、比較結果が一致しているときは受信した通信フレームを該当する通信手段に渡す受信手段と、

を有することを特徴とする(2)に記載の通信制御システム。

- [0015] (4) 複数のMACマルチキャスト・アドレスを保持するマルチキャスト・アドレス保持手段を有し、

前記第2の通信機能実現手段は、前記通信経路から受信した通信フレームの宛先アドレスが前記MACマルチキャスト・アドレス保持手段に存在するアドレスのいずれかと一致するときは前記高優先度通信手段に通信フレームを渡し、一致しないときは前記低優先度通信手段に通信フレームを渡すことを特徴とする(2)または(3)に記載の通信制御システム。

- [0016] (5) 前記高優先度通信手段、低優先度通信手段及び通信機能実現手段からなるユニット、または前記高優先度通信手段、低優先度通信手段、第1の通信機能実現手段及び第2の通信機能実現手段からなるユニットが1通信局内に多重化して設けられていて、あるユニットが現用側となり、他のユニットが待機側となることを特徴とする(1)乃至(4)のいずれかに記載の通信制御システム。

- [0017] (6) 主経路と副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

通常、前記主経路を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、  
前記副経路を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、  
前記主経路と副経路の健全性を診断する経路診断手段と、  
この経路診断手段による診断の結果、主経路が異常なときに、前記高優先度通信の通信経路を前記副経路に切り替える切替手段と、  
を有することを特徴とする通信制御システム。

- [0018] (7) 前記経路診断手段は、

自局から各通信局までの経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、  
定周期で自局から各通信局までの通信経路を診断する定周期経路診断手段と、  
を有し、

前記定周期経路診断手段は診断結果から得た経路状態情報を前記経路状態格納手段に登録することを特徴とする(6)に記載の通信制御システム。

- [0019] (8) 前記定周期経路診断手段は、

他の通信局からの経路診断パケットの受信状態情報を含む経路診断パケットを他の通信局へ同報通信する診断パケット送信手段を有し、

経路診断パケットを受信したとき、受信した経路診断パケットに含まれる自局が送信した経路診断パケットの受信状態情報を、自局から経路診断パケットの送信元までの通信経路の経路状態情報として前記経路状態格納手段に登録することを特徴とする(7)に記載の通信制御システム。

[0020] (9)前記定周期経路診断手段は、インターネットプロトコルのマルチキャストプロトコルに従って経路診断パケットの同報通信を行い、

前記主経路と副経路には、それぞれ異なるIPマルチキャスト・アドレスが割り付けられていて、

各通信局は、主経路と副経路のうち選択された経路に対応したIPマルチキャスト・アドレスを宛先IPアドレスに用いて同報通信を行い、宛先IPアドレスが主経路と副経路のそれぞれに対応したIPマルチキャスト・アドレスと一致する経路診断パケットの受信を行うことを特徴とする(7)または(8)に記載の通信制御システム。

[0021] (10)他の通信局にデータを送信し、所定時間内に相手局から正常受信応答が返信されないときは、データを再送するデータ送信手段と、

データを正常に受信したときに正常受信応答を送信元に返信するデータ受信手段と、

を有することを特徴とする(6)乃至(9)のいずれかに記載の通信制御システム。

[0022] (11)自局から各通信局までの経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、

前記データ送信手段がデータを再送する回数をカウントする計数手段と、

この計数手段のカウント値が規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、当該経路が異常であることを示す経路状態情報を前記経路状態格納手段に登録する登録手段と、

を有することを特徴とする(10)に記載の通信制御システム。

[0023] (12)前記データ送信手段がデータを再送する回数をカウントする計数手段と、

前記計数手段のカウントが規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、通信経路を切り替える切替手段と、

を有することを特徴とする(10)に記載の通信制御システム。

- [0024] (13)前記高優先度通信手段、低優先度通信手段、経路診断手段及び切替手段からなるユニットが多重化して設けられていて、多重化したユニットのいずれかが現用側、他は待機側となり、各ユニットの高優先度通信手段には異なるアドレスが割り付けられている多重化通信局を含み、

前記多重化通信局へ送信を行う他の通信局は、現用側のユニット宛に通信を行い、多重化された通信経路のいずれでも現用側のユニットとの通信に失敗したときは、宛先を待機側のユニットに切り替えて通信を試みることを特徴とする(6)乃至(12)のいずれかに記載の通信制御システム。

- [0025] (14)前記多重化通信局は自己診断手段をそれぞれ有し、現用側のユニットにある自己診断手段は異常を検出したときは自ユニットを待機状態にして通信動作を停止し、待機側のユニットは他方のユニットが通信動作を停止したときは自ユニットを現用状態にして通信動作を開始し、自ユニットが現用側になったことを他の通信局に同報通信し、

各通信局は、多重化通信局のどちらのユニットが現用側になっているかを示す情報を保持したテーブルを有し、このテーブルで保持した情報を参照して現用側のユニットに送信を行うとともに、前記同報通信を受信したときに前記テーブルの情報を更新することを特徴とする(13)に記載の通信制御システム。

- [0026] (15)前記経路診断手段は、前記主経路の異常を検出しているときに、全通信局へ主経路の異常を定周期で同報通知することを特徴とする(6)に記載の通信制御システム。

- [0027] (16)前記低優先度通信手段は、主経路が異常の同報通知を受信したときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御し、所定の時間以上前記同報通知を受信しなかったときは主経路が正常に復旧したと判断し、前記送信回数が所定値以下になるような送信制御を停止することを特徴とする(15)に記載の通信制御システム。

- [0028] (17)前記低優先度通信手段は、主経路を異常と認識しているときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御することを特



徴とする(6)に記載の通信制御システム。

[0029] (18)前記低優先度通信手段は、主経路を異常と認識しているときに、副経路が送信中でないときに直ちに高優先度通信を行わせ、副経路が送信中でなく送信待ちの高優先度通信がないときに低優先度通信を行うことを特徴とする(6)乃至(17)のいずれかに記載の通信制御システム。

[0030] (19)異なる通信局にある高優先度通信手段の間で認証を行い、認証された通信局間で通信を可能にする認証手段を有することを特徴とする(6)に記載の通信制御システム。

[0031] (20)前記認証手段は、

自局に固有の電子的な私有鍵から他の通信局との間で交換する電子的な公開鍵を生成する公開鍵生成手段と、

生成した公開鍵を全通信局宛に同報通知する鍵送信手段と、

他の通信局から受信した公開鍵と自局の私有鍵から当該通信局との間の固有な電子的な共通鍵を生成し、共通鍵は通信局毎に生成し、生成した共通鍵を保持する共通鍵生成手段と、

生成した共通鍵を用いてパケットの暗号化またはパケットへの認証値の付加の少なくともいずれかを行い、暗号化したパケットまたは認証値を付加したパケットの少なくともいずれかを送信する認証パケット送信手段と、

受信したパケットを前記共通鍵を利用した復号化、または前記共通鍵とパケットに付加された認証値による受信可否の判断の、少なくともいずれかを行う認証パケット受信手段と、

を有することを特徴とする(19)に記載の通信制御システム。

[0032] (21)前記共通鍵生成手段は、Differ-Hellman法を用いて私有鍵と公開鍵から共通鍵を生成することを特徴とする(20)に記載の通信制御システム。

[0033] (22)更新直前の共通鍵と最新の共通鍵を保存し、パケット受信時に最新の共通鍵を用いて認証値の確認を行い、この確認が不正とされた場合は、更新直前の共通鍵を用いて認証値の確認を行う確認手段と、

認証値の正当性を確認することができた前記更新直前の共通鍵または最新の共通

鍵のいずれかを用いて、パケットの復号化を行う復号化手段と、  
を有することを特徴とする(20)に記載の通信制御システム。

[0034] (23) インターネットプロトコルに従って通信経路の経路制御を行うルータを前記通信経路上に設け、前記通信経路が前記ルータで相互接続された複数のサブネットワークから構成されていることを特徴とする(1)乃至(22)のいずれかに記載の通信制御システム。

[0035] (24) 前記サブネットワーク上には唯一のマスタ局が存在し、このマスタ局は、自局と自局が属するサブネットワーク上に存在する他の全通信局との間の経路状態情報と、自局が属さないサブネットワーク上に存在するマスタ局との間の経路状態情報を含むネット間診断フレームを送信し、  
前記マスタ局とそれ以外の通信局を含む複数のサブネット上の全ての各通信局は、  
、  
自局から他の各通信局までの通信経路が健全であるかどうかを示す経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、  
前記ネット間診断フレームに含まれた経路状態情報をもとに、自局と自局が属さないサブネットワーク上に存在する通信局との間の経路状態を前記経路状態格納手段に登録する診断メッセージ受信手段と、  
経路状態格納手段にある情報に従って、前記主経路と副経路のいずれかを選択してデータの送信を行うデータ送信手段と、  
を有することを特徴とする(23)に記載の通信制御システム。

[0036] (25) サブネットワーク上に存在する全通信局のネットワークアドレスのリストを作成し、リストの中で、自局のアドレスが所定の条件から一義的に決められるアドレスである場合、自局を当該サブネットワークにおけるマスタ局として動作させる選出手段を有することを特徴とする(23)または(24)に記載の通信制御システム。

[0037] (26) 前記高優先度通信手段はプロセス制御専用のプロトコルに従って通信を行い、前記低優先度通信手段はオープンな標準プロトコルに従って通信を行うことを特徴とする(1)乃至(25)のいずれかに記載の通信制御システム。

[0038] (27) 前記高優先度通信手段は、プロセスデータ、操作量、アラームの少なくともいずれ

れかを転送し、前記低優先度通信手段は、画像データ転送、ファイル転送、メッセージ転送の少なくともいずれかを行うことを特徴とする(1)乃至(26)のいずれかに記載の通信制御システム。

[0039] 以上説明したことから明らかなように、本発明によれば次のような効果がある。

(1) 実時間性、高信頼性を実現するクリティカルな通信手段(高優先度通信手段)と、オープンな通信手段(低優先度通信手段)を同一の通信局に並存させた。これによって、工業用途の要求とオープン化の要求を同時に満たした通信を行える通信制御システムを実現できる。

(2) クリティカルな通信の通信経路が異常なときに、クリティカルな通信の通信経路をオープンな通信の通信経路に切り替えている。これによって、標準プロトコルによるオープンな通信のトラフィックがクリティカルな通信の実時間性に影響を与えないようにすることができる。

(3) クリティカルな通信がオープンな通信の通信経路を用いているときでも、オープンな通信は制限を受けながら通信を行うことができる。これによって、オープンな通信を継続できる。

(4) 通信局どうしで共通の合言葉になる共通鍵を生成し、この共通鍵を用いて認証を行っている。クリティカルな通信に共通鍵を持たせることによって、標準プロトコル通信経路でのセキュリティ上の攻撃がクリティカルな通信に影響を与えないようにすることができる。

(5) クリティカルな通信と標準プロトコルの通信を同一通信局に並存させた構成のもとで、通信経路を多重化することによって、高信頼性を実現できる。

(6) 実際に通信するときに応答確認通信をして経路診断する機能と、通信タイミングとは関わりなく定周期で経路診断する機能を併せてもたせた。このため、迅速に経路異常を検出することが可能になる。これにより、通信経路の切り替わり時間を最小限にできるため、通信の実時間性を保証できる。

(7) 通信経路上にルータを設け、ルータで複数のサブネットワーク間を接続した。これによって、広域にわたるネットワーク接続や大規模なネットワークに容易に対応できる。

(8)同一の通信局において、同一の通信経路と送受信手段を共用して、オープンな標準プロトコルによる通信と、クリティカルな通信を行える。これによって、部品コストや配線コストを低減できる。

### 図面の簡単な説明

- [0040] [図1]一般的な分散型制御システムの構成例を示した図である。
- [図2]本発明の一実施例を示す構成図である。
- [図3]通信機能実現手段の構成例を示した図である。
- [図4]本発明の他の実施例を示す構成図である。
- [図5]本発明の他の実施例を示す構成図である。
- [図6]本発明の他の実施例を示す構成図である。
- [図7]本発明の他の実施例を示す構成図である。
- [図8]本発明の他の実施例を示す構成図である。
- [図9]図8の実施例で制御権が切り替えられたときの説明図である。
- [図10]認証手段の具体的構成例を示した図である。
- [図11]図10の認証手段の動作説明図である。
- [図12]本発明の他の実施例を示す構成図である。
- [図13]通信局が経路状態情報を得る手順を示した説明図である。
- [図14]本発明の他の実施例を示す構成図である。
- [図15]送信処理手順を示したフローチャートである。
- [図16]受信処理手順を示したフローチャートである。

### 発明を実施するための最良の形態

[0041] 以下、図面を用いて本発明を詳細に説明する。

#### [0042] (1)実施例1

図2は本発明の一実施例を示す構成図である。

図2で、通信経路10は主経路11と副経路12により2重化されている。通信経路10は、例えば分散型制御システムの制御バスである。

通信局20と通信局31〜3Nは主経路11と副経路12に接続されている。

[0043] 通信局20には通信を行うためのユニット21がある。図1の実施例はユニットがシン

グル構成になっている。

ユニット21で、高優先度通信手段211は高優先度通信を行う。低優先度通信手段212は低優先度通信を行う。

高優先度通信では、プロセスデータ、操作量、アラーム等を転送する。低優先度通信では、画像データ転送、ファイル転送、メッセージ転送等を行う。高優先度通信では、実時間性の高いデータを転送し、低優先度通信は高優先度通信に比べて実時間性が低い。

高優先度通信手段211は、プロセス制御専用のプロトコルに従って通信を行う。これに対して低優先度通信手段は、オープンな標準プロトコルに従って通信を行う。オープンな標準プロトコルは、例えばIP (Internet Protocol) である。

[0044] 通信機能実現手段213a、213bは二重化されている。通信機能実現手段214a、214bも二重化されている。これらの通信機能実現手段はOSI (Open Systems Interconnection) 階層モデルの所定の階層にある通信機能を実現するために設けられている。

通信機能実現手段213a、213bは、OSI階層モデルの物理層(第1層)にある通信機能を実現する。

通信機能実現手段214a、214bは、OSI階層モデルのデータリンク層(第2層)にある通信機能を実現する。

通信機能実現手段213aと214aは主経路11に対応して設けられている。通信機能実現手段213bと214bは副経路12に対応して設けられている。

[0045] 図2の通信制御システムで、通信に異常がない通常時は、高優先度通信手段211は、通信機能実現手段213aと214aを用いて主経路11で通信する。低優先度通信手段212は、通信機能実現手段213bと214bを用いて副経路12で通信する。

主経路11が異常になったときは、高優先度通信手段211は通信機能実現手段213b、214bと副経路12を用いて通信する。このときは低優先度通信が制限を受けることになる。

[0046] 高優先度通信手段211は、二重化された通信機能実現手段213a、213bと通信機能実現手段214a、214bのいずれかを用いて通信することができる。これに対して

低優先度通信手段212は、対応する通信機能実現手段213bと214bだけしか用いることができない。

このようにして高優先度通信手段211と低優先度通信手段212は、同一の通信局内に並存している。

[0047] 図2の実施例によれば、実時間性、高信頼性を実現する高優先度通信手段と、オープンで標準プロトコルの低優先度通信手段を同一の通信局に並存させた。これによって、工業用途の要求とオープン化の要求を同時に満たした通信を行える通信制御システムを実現した。

[0048] 図3はデータリンク層にある通信機能を実現する通信機能実現手段の構成例を示した図である。

通信機能実現手段214aを例に構成を説明する。通信機能実現手段214bも同様な構成になっている。

図3で、アドレス保持手段215は、高優先度通信手段211と低優先度通信手段212に対応したそれぞれのMACアドレスを保持する。高優先度通信手段211と低優先度通信手段212には、それぞれ1個ずつMAC (Media Access Control) アドレスが割り付けられている。

[0049] 送信手段216は、送信要求元が高優先度通信手段211か低優先度通信手段212のいずれであるかに応じて通信フレームに対応するMACアドレスを付加し、この通信フレームを通信経路に送出する。

受信手段217は、通信機能実現手段213aから受信した通信フレームの宛先MACアドレスとアドレス保持手段215で保持されたMACアドレスとを比較し、比較結果が一致しているときは受信した通信フレームを該当する通信手段(高優先度通信手段211または低優先度通信手段212)に渡す。

[0050] なお、アドレス保持手段215の代わりに、複数のMACマルチキャスト・アドレスを保持するマルチキャスト・アドレス保持手段を設けた構成にしてもよい。

このような構成では、通信機能実現手段214aの受信手段217は、主経路11から受信した通信フレームの宛先アドレスがMACマルチキャスト・アドレス保持手段に存在するアドレスのいずれかと一致するときは高優先度通信手段211に通信フレーム

を渡す。一致しないときは低優先度通信手段212に通信フレームを渡す。

このようにして高優先度通信ではMACマルチキャスト・アドレスを用いて通信を行う。

[0051] (2) 実施例2

図4は本発明の他の実施例を示す構成図である。図4で前出の図と同一のものは同一符号を付ける。この実施例ではユニットが二重化構成になっている。

通信局22には二重化されたユニット21aと21bが設けられている。ユニット21aは、高優先度通信手段211、低優先度通信手段212、通信機能実現手段213a、213b、214a、214bを有する。ユニット21bもユニット21aと同一構成になっている。図の例ではユニット21aが現用側、ユニット21bが待機側になっている。

[0052] 現用側のユニット21aが通信動作を行う。現用側のユニット21aに異常が発生したときは、ユニット21aは通信動作を停止して待機側となり、待機側のユニット21bは現用側に切り替わり、通信動作を行う。

この実施例によれば、ユニットを二重化構成にしているため、通信の信頼性をさらに向上できる。なお、ユニットは三重化以上に多重化してもよい。

[0053] (3) 実施例3

図5は本発明の他の実施例を示す構成図である。

図5で、通信局40は主経路11と副経路12に接続されている。

高優先度通信手段401は、主経路11を用いて高優先度通信を行う。

低優先度通信手段402は、副経路12を用いて低優先度通信を行う。

経路診断手段403は、主経路11と副経路12の健全性を診断する。

切替手段404は、経路診断手段403の診断結果をもとに、高優先度通信手段401の送受信先の通信経路を切り替える。

[0054] 制限手段405は、経路診断手段403の診断結果をもとに、低優先度通信手段402の通信を制限する。例えば、低優先度通信手段402の送信帯域を制限する。

送受信手段406は、高優先度通信手段401から送信要求があると、通信フレームを順次、主経路11へ送信し、主経路11から受信した通信フレームを送信先に渡す。

送受信手段407は、低優先度通信手段402から送信要求があると、通信フレーム

を順次、副経路12へ送信し、副経路12から受信した通信フレームを送信先に渡す。

送受信手段406及び407は、図1の実施例における通信機能実現手段213a、214a及び213b、214bにそれぞれ相当する。

[0055] 図5の実施例で、切替手段404は、経路診断手段403が主経路11を正常と判断した場合は、高優先度通信手段401の通信経路を主経路11とする。主経路11を異常と診断した場合は、高優先度通信手段401の通信経路を副経路12に切り替える。

制限手段405は、経路診断手段403が主経路11を正常と判断した場合は、低優先度通信手段402の送信帯域を制限しない。主経路11を異常と診断した場合は、低優先度通信手段402の送信帯域を制限する。

経路診断手段403は、副経路12の診断も行って、異常を検出したときはアラームを発生する。

[0056] 経路診断手段403は、主経路11を正常と判断した場合は、全通信局へ主経路の異常を定周期で同報通知する。低優先度通信手段402は、主経路異常の同報通知を受信したときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御する。所定の時間以上にわたって主経路異常の同報通知を受信しなかったときは主経路が正常に復旧したと判断し、低優先度通信手段402は送信回数が所定値以下になるような送信制御を停止する。

[0057] なお、主経路異常の同報通知に限らず低優先度通信手段402は、主経路11を異常と認識しているときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御してもよい。

[0058] 低優先度通信手段402は、主経路11を異常と認識しているときに、副経路12が送信中でないときに直ちに高優先度通信を行わせ、副経路12が送信中でなく送信待ちの高優先度通信がないときには低優先度通信を行う。

[0059] 図5の実施例によれば、通信経路が正常な通常時には、高優先度通信手段401と低優先度通信手段402はそれぞれ別々の経路を使うため、制限のない帯域で通信を共存できる。

また、主経路の異常時には、高優先度通信手段401の通信経路は副経路に切り替わり、低優先度通信手段402は送信帯域が制限される。このため、高優先度通信は



帯域を維持したまま通信できるため、実時間性が維持できる。

さらに、主経路の異常時には、高優先度通信手段401の通信経路は副経路に切り替わるが、低優先度通信手段402も制限された帯域の中で通信を行うことができる。

[0060] (4) 実施例4

図6は本発明の他の実施例を示す構成図である。図6では経路診断手段の具体的な構成例を示している。

図6で、経路状態格納手段501は、自局からの通信経路がインターフェイス及び通信相手局毎に健全であるかどうかの経路状態情報を保持する。

[0061] 送信手段502は、高優先度通信手段401からの送信要求を受け、経路状態格納手段501の経路状態情報を参照し、健全な通信経路を選択してデータを送信する。また、送信手段502は、データ送信後、所定時間内に正常受信応答がない場合に、当該通信経路を異常とし、このことを経路状態格納手段501の経路状態情報に反映する。

受信手段503は、相手通信局からデータを受信し、高優先度通信手段401へ受信データを渡す。また、相手通信局からデータを受信したときは正常受信応答を相手通信局へ返信する。

このように送信手段502と受信手段503により、データ送信に対して正常受信応答が返ってきたかどうかをもとに診断する応答確認通信を行う。

[0062] 定周期経路診断手段504は、自局からの経路状態をインターフェイス及び通信相手局毎に定期的に診断する。診断結果を経路状態格納手段501に登録する。

定周期経路診断手段504は診断パケット送信手段505を有する。診断パケット送信手段505は、他の通信局からの経路診断パケットの受信状態情報を含む経路診断パケットを他の通信局へ同報通信する。

定周期経路診断手段504は、経路診断パケットを受信したとき、受信した経路診断パケットに含まれる自局が送信した経路診断パケットの受信状態情報を、自局から経路診断パケットの送信元までの通信経路の経路状態情報として経路状態格納手段501に登録する。

[0063] インターフェイス506は主経路11と通信局50との間の通信を仲介する。インターフ

ェイス507は副経路12と通信局50との間の通信を仲介する。

[0064] 図6の実施例によれば、実際に通信するときに応答確認通信をして経路診断する機能と、通信タイミングとは関わりなく定周期で経路診断する機能を併せ持つことにより、迅速に経路異常を検出することが可能になる。

[0065] なお、定周期経路診断手段504は、IP(インターネットプロトコル)のマルチキャストプロトコルに従って経路診断パケットの同報通信を行う構成にしてもよい。この場合は、主経路11と副経路12には、それぞれ異なるIPマルチキャスト・アドレスが割り付けられる。各通信局は、主経路と副経路のうち選択された経路に対応したIPマルチキャスト・アドレスを宛先IPアドレスに用いて同報通信を行い、宛先IPアドレスが主経路と副経路のそれぞれに対応したIPマルチキャスト・アドレスと一致する経路診断パケットの受信を行う。

このようにすると、特定の通信局に対して同時に通信することができるため、通信回数が減る。また、IPのマルチキャストプロトコルでは、ルータを介してネットワークを相互接続したときに、送信局は自局があるネットワーク上の通信局だけでなく、ルータを介して接続されたネットワーク上の通信局にまで通信することができる。これにより、通信経路の切り替わり時間を最小限にできるため、通信の実時間性を保証できる。

[0066] (5) 実施例5

図7は本発明の他の実施例を示す構成図である。

図7で、プロトコル手段61は、汎用のコネクションレス型プロトコルに従って二重化された主経路11と副経路12の通信制御を実行する。汎用のコネクションレス型プロトコルは、例えばUDP/IP(User Datagram Protocol /Internet Protocol)である。

[0067] UDP/IPは、TCP/IPを構成するプロトコル群のうち、IPの上位プロトコルであり、トランスポート層に属し、RFC768で規定されている。UDPはコネクションレス型のプロトコルであり、TCPが持っているコネクション管理、応答確認、シーケンス、ウィンドウコントロール、フロー制御といった機能を持たない。

[0068] 即ち、UDP/IPは実質的に、IPパケットをそのまま相手先のアプリケーションが使用できるプロトコルである。機能が少ない分だけ通信負荷が少なく、高速のデータ通信が可能である。しかし、データが確実に相手に届くという保証がないので、信頼性

を確保するための手段を講ずる必要がある。

本発明では、UDP/IP上で応答確認通信を行うことにより信頼性を確保している。

[0069] 送受信部60で、切替手段601は、二重化された通信経路(主経路11と副経路12)にデータを送信するポートを切り替える。

データ送信手段602は高優先度通信手段401の送信データを切替手段601に送る。

データ受信手段603は、主経路11または副経路12からのデータを受信して高優先度通信手段401に送る。

[0070] タイマ604は、データ送信手段602のデータ送信により発生する信号TRで起動され、データ受信手段603が受けた正常受信応答で発生する信号RSでリセットされる。タイマ604は、規定値まで計時するとタイムアップ信号TUをデータ送信手段602に送って再送信要求をする。データ送信手段602は、タイムアップ信号TUが来るとデータを再送する。

[0071] 計数手段605は、タイムアップ信号TUの発生個数をカウントし、所定値に達すると切替手段601に切替信号SWを発信して通信経路を切り替える。

経路状態格納手段606は、自局から各通信局までの経路状態情報を保持する。

登録手段607は、計数手段605のカウント値が規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、当該経路が異常であることを示す経路状態情報を経路状態格納手段606に登録する。

[0072] 図7の実施例によれば、コネクションレス型プロトコルが本来有する高速性を享受しながら信頼性を確保することができる。更にコネクションレス型プロトコルの汎用性により、制御バスのオープン化も同時に実現することができる。

また、データの再送回数が所定値に達したところで通信経路を切り替えるため、通信経路の一時的な異常で経路切替が行われることを防止できる。また、過渡的異常と恒久的異常を識別して経路切替をすることができる。

[0073] (6) 実施例6

図8は本発明の他の実施例を示す構成図である。

図8で、多重化通信局70は多重化したユニット71a、71bからなる。図の例では二

重化されている。ユニット71a、71bはそれぞれ図4の通信局40と同様な構成になっている。二重化したユニット71a、71bの一方が現用側、他方は待機側となる。各ユニットの高優先度通信手段には異なるアドレスが割り付けられている。各ユニットは多重化された通信経路(主経路と副経路)にそれぞれ接続されている。

[0074] 例えばユニット71aを現用側、ユニット71bを待機側とする。

多重化通信局70へ送信を行う他の通信局72は、現用側のユニット71a宛に通信を行う。このとき、多重化された通信経路のいずれでも現用側のユニット71aとの通信に失敗したときは、宛先を待機側のユニット71bに切り替えて通信を試みる。

[0075] 図9は図8の実施例で制御権が切り替えられたときの説明図である。

各ユニット71a、71bは自己診断手段73をそれぞれ有する。

例えばユニット71aを現用側、ユニット71bを待機側とする。

現用側のユニット71aにある自己診断手段73は、異常を検出したときは自ユニットを待機状態にして通信動作を停止する。待機側のユニット71bはユニット71aが通信動作を停止したときは、自ユニットを現用状態にして通信動作を開始し、自ユニットが現用側になったことを他の通信局に同報通信する。

他の通信局72は、多重化通信局70のどちらのユニットが現用側になっているかを示す情報を保持したテーブル74を有する。通信局72は、テーブル74で保持した情報を参照して現用側のユニットに送信を行うとともに、ユニット71bから同報通信を受信したときにテーブル74の情報を更新する。

[0076] 図8の実施例によれば、多重化通信局にしたことによって、高信頼性の通信を実現した。

[0077] (7)実施例7

図5の通信局40に認証手段を設けてもよい。認証手段は、異なる通信局にある高優先度通信手段の間で認証を行い、認証された通信局間で通信を可能にする。

図10は認証手段の具体的構成例を示した図である。

図10では説明の便宜上、認証手段の構成を示しているが、通信局80にも通信局40の構成要素が設けられている。

[0078] 公開鍵生成手段801は、自局に固有の電子的な私有鍵K1から他の通信局との間

で交換する電子的な公開鍵K2を生成する。

鍵送信手段802は、生成した公開鍵K2を全通信局宛に同報通知する。

共通鍵生成手段803は、他の通信局81から受信した公開鍵K2'と自局の私有鍵K1から通信局80と81の間の固有な電子的な共通鍵K3を生成する。共通鍵は通信局毎に生成し、生成した共通鍵を通信局80で保持する。共通鍵生成手段803は、例えばDiffer-Hellman法を用いて私有鍵と公開鍵から共通鍵を生成する。

[0079] 認証パケット送信手段804は、生成した共通鍵K3を用いてパケットを暗号化したり、パケットへの認証値の付加を行う。そして、暗号化したパケットを他の通信局81へ送信したり、認証値を付加したパケットを他の通信局81へ送信する。

認証パケット受信手段805は、他の通信局81から受信したパケットを共通鍵K3を利用して復号化したり、共通鍵とパケットに付加された認証値に基づいて受信可否の判断を行う。

[0080] 鍵更新手段805は、私有鍵を所定時間毎に変えることにより共通鍵を更新する。

確認手段806は、更新直前の共通鍵と最新の共通鍵を保存し、パケット受信時に最新の共通鍵を用いて認証値の確認を行う。この確認が不正とされた場合は、更新直前の共通鍵を用いて認証値の確認を行う。

復号化手段807は、認証値の正当性を確認することができた更新直前の共通鍵または最新の共通鍵のいずれかを用いてパケットの復号化を行う。

[0081] 図11は図10の認証手段の動作説明図である。

通信局80では、公開鍵生成手段801は自局の私有鍵K1から公開鍵K2を生成する。生成した公開鍵K2を全通信局宛に同報通知する。

通信局81でも、公開鍵生成手段801は自局の私有鍵K1'から公開鍵K2'を生成する。生成した公開鍵K2'を全通信局宛に同報通知する。

[0082] 通信局80では、共通鍵生成手段803は、通信局81から受信した公開鍵K2'と自局の私有鍵K1から通信局81との間の固有な電子的な共通鍵K3を生成する。

同様に通信局81でも、共通鍵生成手段803は、通信局80から受信した公開鍵K2と自局の私有鍵K1'から通信局80との間の固有な電子的な共通鍵K3'を生成する。

。

このようにして各通信局は他の通信局との間の共通の合言葉になる共通鍵を生成し、保持する。

- [0083] 通信局80では、認証パケット送信手段804は、生成した共通鍵K3を用いてパケットを暗号化したり、パケットへの認証値の付加を行う。そして、暗号化したパケットを通信局81へ送信したり、認証値を付加したパケットを通信局81へ送信する。

通信局81では、認証パケット受信手段805は、通信局80から受信したパケットを共通鍵K3'を利用して復号化したり、共通鍵K3'とパケットに付加された認証値に基づいて受信可否の判断を行う。

- [0084] 図10の実施例によれば公開鍵が送られない通信局は共有鍵を生成できないため、送信されるパケットの盗聴、改竄はできない。これによって通信のセキュリティを保証できる。高優先度通信に共通鍵を持たせることによって、オープンな低優先度通信でのセキュリティ上の攻撃が高優先度通信に影響を与えないようにすることができる。

- [0085] (8) 実施例8

図12は本発明の他の実施例を示す構成図である。

図12の実施例では、インターネットプロトコルに従って通信経路の経路制御を行うルータ90、91を主経路と副経路上に設けている。主経路はルータ90で相互接続されたサブネットワーク11a、11bから構成されている。副経路はルータ91で相互接続されたサブネットワーク12a、12bから構成されている。

- [0086] サブネットワーク上には唯一のマスタ局が存在する。マスタ局はネット間診断フレームを送信する。ネット間診断フレームは、自局と自局が属するサブネットワーク上に存在する他の全通信局との間の経路状態情報と、自局が属さないサブネットワーク上に存在するマスタ局との間の経路状態情報を含む。

図12では、通信局20がサブネットワーク11a、12aのマスタ局である。通信局23がサブネットワーク11b、12bのマスタ局である。

- [0087] 通信局20で、経路状態格納手段221は、自局から他の通信局までの通信経路が健全であるかどうかを示す経路状態情報を保持する。

診断メッセージ受信手段222は、ネット間診断フレームに含まれた経路状態情報をもとに、自局と自局が属さないサブネットワーク上に存在する通信局との間の経路状

態を経路状態格納手段221に登録する。図の例では通信局20とサブネットワーク11b、12b上の通信局との間の経路状態に登録する。

データ送信手段223は、経路状態格納手段221にある情報に従って、主経路と副経路のいずれかを選択してデータの送信を行う。

経路状態格納手段221、診断メッセージ受信手段222、データ送信手段223は、マスタ局とそれ以外の通信局に設けられている。

[0088] 選出手段224は、サブネットワーク上に存在する全通信局のネットワークアドレスのリストを作成し、リストの中で、自局のアドレスが所定の条件から一義的に決められるアドレスである場合、自局を当該サブネットワークにおけるマスタ局として動作させる。ここで、一義的に決められるアドレスは、例えば最も大きいアドレス、最も小さいアドレス等である。

[0089] 図13は通信局が経路状態情報を得る手順を示した説明図である。

図13で、マスタ局以外の通信局を一般局と称する。サブネットワークAとBがあり、これらが相互接続されている。サブネットワークA上にはマスタ局aと一般局a'が接続されている。サブネットワークB上にはマスタ局bと一般局b'が接続されている。

[0090] このようなネットワークにおいて次の手順で処理を行う。

一般局a'は自サブネットワーク内の各局からの受信状態を自サブネットワーク内の二重化経路の各々にマルチキャストで定周期に送信する。

受信した各局は相手局の受信状況から、自局から相手局への経路状態情報1を獲得する。

各サブネットワークのマスタ局は他のサブネットワークのマスタ局からの受信状態及び自サブネットワーク内の各局からの受信状態を二重化経路の各々にマルチキャストで定周期に送信する。

受信した各局は他のサブネットワークのマスタ局からの受信状況から、マスタ局間の経路状態情報2を獲得する。

また、送信元サブネットワーク内の受信状況から、各マスタ局内の各局への経路状態情報3を獲得する。

このようにして各通信局は経路状態情報1、2、3から、二重化経路の各々の健全性

を判断することができる。

[0091] 図12の実施例によれば次の効果が得られる。

(a) 全通信局が各々で経路の健全性を判断することが可能である。

(b) 一般局及びマスタ局がマルチキャスト送信することで自サブネットワーク外への経路状態情報を得ることが可能である。

(c) 自局の経路状態情報が全て異常、もしくは一定時間診断通信が途絶えた場合に自局の異常と判断することで、故障診断にも使用することが可能である。

[0092] (9) 実施例9

図14は本発明の他の実施例を示す構成図である。

この実施例では、高優先度通信と低優先度通信が1つの通信経路を共用する。

通信局100には、高優先度通信を行うためのプロトコルインターフェイス手段101と、低優先度通信を行うためのプロトコルインターフェイス手段102が設けられている。

上位側のホストコンピュータ(図示せず)は、高優先度通信プロトコルに従ってプロトコルインターフェイス手段101と通信する。また、低優先度通信プロトコルに従ってプロトコルインターフェイス手段102と通信する。

[0093] 通信機能実現手段103と104はプロトコルインターフェイス手段101と102にそれぞれ対応して設けられている。これらの通信機能実現手段103、104は、OSI階層モデルのデータリンク層(第2層)にある通信機能を実現する。

優先制御手段105は、通信機能実現手段103、104からの送信をプロトコルの優先度に基づいて制御する。通信機能実現手段103、104はフレームを一定のフレーム長以下に分割して優先制御手段105に送る。

通信機能実現手段106は、OSI階層モデルの物理層(第1層)にある通信機能を実現する。高優先度通信と低優先度通信が通信機能実現手段106を共用する。

通信局100は通信経路150に接続されている。通信経路150を共用して高優先度通信と低優先度通信を行う。

[0094] 通信機能実現手段103で、MACアドレスレジスタ121は高優先度通信のプロトコルに対応したMACアドレスを格納する。送信受付手段122は通信局100が送信するフレームを受け付ける。受信受付手段123は通信局100が受信したフレームを受



け付ける。

通信機能実現手段104も同様な構成になっている。通信機能実現手段104のMACアドレスレジスタ121は低優先度通信のプロトコルに対応したMACアドレスを格納する。

[0095] 図14の実施例の動作を説明する。

図15は送信処理手順を示したフローチャートである。

高優先度通信の送信処理では、送信受付手段122は、プロトコルインターフェイス手段101から受け取った送信フレームの送信元アドレス部にMACアドレスレジスタ121のMACアドレスを付加して一旦保持する。

優先制御手段105が出力する送信許可信号がHighであれば、送信受付手段122はフレームを優先制御手段105に渡し、優先制御手段105はフレームを直ちに通信機能実現手段106に渡す。優先制御手段105の送信許可信号がLowであれば、送信受付手段122はフレームを保持し続け、送信許可信号がHighになるまでフレームを待機させる。優先制御手段105は、高優先度通信のプロトコルに割り当てられた優先度に基づいて送信許可信号を制御する。

低優先度通信の送信処理も同様にして行う。

[0096] 図16は受信処理手順を示したフローチャートである。

高優先度通信の受信処理では、通信機能実現手段106から受け取った受信フレームの送信先アドレスとMACアドレスレジスタ121に格納されたMACアドレスの比較を受信受付手段123で行い、不一致であればフレームを破棄し、一致していればプロトコルインターフェイス手段101にフレームを渡す。

低優先度通信の受信処理も同様にして行う。

[0097] 優先制御手段105は、通信を高優先度プロトコル通信と低優先度プロトコル通信に分ける。高優先度プロトコルのフレームに対しては、他のフレームが送信中でない限り、常にその送信受付に送信権を与え、直ちにフレームを送信させる。逆に、低優先度プロトコルのフレームに対しては、送信中でなく、かつ、高優先度プロトコルの送信受付に待ちのフレームがないときに限り、送信権を与え、直ちにフレームを送信させる。

優先制御手段105は、各通信機能実現手段103、104からの送信フレームの一定時間当りの送信回数が、各通信機能実現手段103、104毎に割り付けた所定の値以下になるように、送信許可信号を使用して送信フレームの送信を抑制する。

[0098] 図14の実施例によれば、標準的でオープンなプロトコルによるネットワークと、リアルタイム通信を実現するような独自プロトコルによるネットワークの両方が各ホスト間での通信で必要なとき、両方のプロトコルのインターフェースを同一の通信局内にもち、それらのプロトコルの処理機能が同一の通信機能実現手段と通信経路を共用する。これによって、ハードウェアの原価やケーブルの敷設費用を低減できる。

[0099] 上述した実施例で、通信局は分散型制御システムの操作監視装置、制御装置等に存在する。

[0100] なお、実施例では2重化された例を示しているが三重化以上に多重化してもよい。三重化以上の多重化構成では、一つの主経路と複数の副経路により通信経路をなす。

## 請求の範囲

- [1] 主経路と副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、
- 前記主経路と前記副経路のそれぞれに対応して多重化されていて、通信機能を実現する通信機能実現手段と、
- 前記多重化された通信経路のいずれかに対応する通信機能実現手段を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、
- 前記副経路に対応する通信機能実現手段を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、
- を有し、前記高優先度通信手段と低優先度通信手段は、1通信局内に並存することを特徴とする通信制御システム。
- [2] 主経路と副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、
- 前記主経路と前記副経路のそれぞれに対応して多重化されていて、OSI階層モデルの物理層にある通信機能を実現する第1の通信機能実現手段と、
- 前記多重化された第1の通信機能実現手段のそれぞれに対応して多重化されていて、OSI階層モデルのデータリンク層にある通信機能を実現する第2の通信機能実現手段と、
- 前記多重化された通信経路のいずれかに対応する通信機能実現手段を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、
- 前記副経路に対応する通信機能実現手段を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、
- を有し、前記高優先度通信手段と低優先度通信手段は、1通信局内に並存することを特徴とする通信制御システム。
- [3] 前記第2の通信機能実現手段は、
- 前記高優先度通信手段と低優先度通信手段に対応したそれぞれのMACアドレスを保持するアドレス保持手段と、
- 送信要求元が前記高優先度通信手段か低優先度通信手段のいずれであるかに応

じて通信フレームに対応するMACアドレスを付加し、この通信フレームを通信経路に送出する送信手段と、

前記第1の通信機能実現手段から受信した通信フレームの宛先MACアドレスと前記アドレス保持手段で保持されたMACアドレスとを比較し、比較結果が一致しているときは受信した通信フレームを該当する通信手段に渡す受信手段と、  
を有することを特徴とする請求の範囲2. に記載の通信制御システム。

- [4] 複数のMACマルチキャスト・アドレスを保持するマルチキャスト・アドレス保持手段を有し、

前記第2の通信機能実現手段は、前記通信経路から受信した通信フレームの宛先アドレスが前記MACマルチキャスト・アドレス保持手段に存在するアドレスのいずれかと一致するときは前記高優先度通信手段に通信フレームを渡し、一致しないときは前記低優先度通信手段に通信フレームを渡すことを特徴とする請求の範囲2または3. に記載の通信制御システム。

- [5] 前記高優先度通信手段、低優先度通信手段及び通信機能実現手段からなるユニット、または前記高優先度通信手段、低優先度通信手段、第1の通信機能実現手段及び第2の通信機能実現手段からなるユニットが1通信局内に多重化して設けられていて、あるユニットが現用側となり、他のユニットが待機側となることを特徴とする請求の範囲1. に記載の通信制御システム。

- [6] 主経路と副経路により多重化された通信経路に接続された複数の通信局間で行う通信を制御する通信制御システムであって、

通常、前記主経路を介して高優先度通信を行う高優先度通信手段と、  
前記副経路を介して低優先度通信を行う低優先度通信手段と、  
前記主経路と副経路の健全性を診断する経路診断手段と、  
この経路診断手段による診断の結果、主経路が異常なときに、前記高優先度通信の通信経路を前記副経路に切り替える切替手段と、  
を有することを特徴とする通信制御システム。

- [7] 前記経路診断手段は、  
自局から各通信局までの経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、

定周期で自局から各通信局までの通信経路を診断する定周期経路診断手段と、  
を有し、

前記定周期経路診断手段は診断結果から得た経路状態情報を前記経路状態格納手段に登録することを特徴とする請求の範囲6. に記載の通信制御システム。

[8] 前記定周期経路診断手段は、

他の通信局からの経路診断パケットの受信状態情報を含む経路診断パケットを他の通信局へ同報通信する診断パケット送信手段を有し、

経路診断パケットを受信したとき、受信した経路診断パケットに含まれる自局が送信した経路診断パケットの受信状態情報を、自局から経路診断パケットの送信元までの通信経路の経路状態情報として前記経路状態格納手段に登録することを特徴とする請求の範囲7. に記載の通信制御システム。

[9] 前記定周期経路診断手段は、インターネットプロトコルのマルチキャストプロトコルに従って経路診断パケットの同報通信を行い、

前記主経路と副経路には、それぞれ異なるIPマルチキャスト・アドレスが割り付けられていて、

各通信局は、主経路と副経路のうち選択された経路に対応したIPマルチキャスト・アドレスを宛先IPアドレスに用いて同報通信を行い、宛先IPアドレスが主経路と副経路のそれぞれに対応したIPマルチキャスト・アドレスと一致する経路診断パケットの受信を行うことを特徴とする請求の範囲7または8. に記載の通信制御システム。

[10] 他の通信局にデータを送信し、所定時間内に相手局から正常受信応答が返信されないときは、データを再送するデータ送信手段と、

データを正常に受信したときに正常受信応答を送信元に返信するデータ受信手段と、

を有することを特徴とする請求の範囲6. に記載の通信制御システム。

[11] 自局から各通信局までの経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、

前記データ送信手段がデータを再送する回数をカウントする計数手段と、

この計数手段のカウント値が規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、当該経路が異常であることを示す経路状態情報を前記経路状態格納手段に登録する

登録手段と、

を有することを特徴とする請求の範囲10. に記載の通信制御システム。

- [12] 前記データ送信手段がデータを再送する回数をカウントする計数手段と、  
前記計数手段のカウントが規定値まで達したときに通信経路が異常と判断し、通信経路を切り替える切替手段と、  
を有することを特徴とする請求の範囲10. に記載の通信制御システム。

- [13] 前記高優先度通信手段、低優先度通信手段、経路診断手段及び切替手段からなるユニットが多重化して設けられていて、多重化したユニットのいずれかが現用側、他は待機側となり、各ユニットの高優先度通信手段には異なるアドレスが割り付けられている多重化通信局を含み、  
前記多重化通信局へ送信を行う他の通信局は、現用側のユニット宛に通信を行い、多重化された通信経路のいずれでも現用側のユニットとの通信に失敗したときは、宛先を待機側のユニットに切り替えて通信を試みることを特徴とする請求の範囲6. に記載の通信制御システム。

- [14] 前記多重化通信局は自己診断手段をそれぞれ有し、現用側のユニットにある自己診断手段は異常を検出したときは自ユニットを待機状態にして通信動作を停止し、待機側のユニットは他方のユニットが通信動作を停止したときは自ユニットを現用状態にして通信動作を開始し、自ユニットが現用側になったことを他の通信局に同報通信し、

各通信局は、多重化通信局のどちらのユニットが現用側になっているかを示す情報を保持したテーブルを有し、このテーブルで保持した情報を参照して現用側のユニットに送信を行うとともに、前記同報通信を受信したときに前記テーブルの情報を更新することを特徴とする請求の範囲13. に記載の通信制御システム。

- [15] 前記経路診断手段は、前記主経路の異常を検出しているときに、全通信局へ主経路の異常を定周期で同報通知することを特徴とする請求の範囲6. に記載の通信制御システム。

- [16] 前記低優先度通信手段は、主経路が異常の同報通知を受信したときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御し、所定の

時間以上前記同報通知を受信しなかったときは主経路が正常に復旧したと判断し、前記送信回数が所定値以下になるような送信制御を停止することを特徴とする請求の範囲15. に記載の通信制御システム。

[17] 前記低優先度通信手段は、主経路を異常と認識しているときに、低優先度通信の単位時間あたりの送信回数が所定値以下になるように送信を制御することを特徴とする請求の範囲6. に記載の通信制御システム。

[18] 前記低優先度通信手段は、主経路を異常と認識しているときに、副経路が送信中でないときに直ちに高優先度通信を行わせ、副経路が送信中でなく送信待ちの高優先度通信がないときに低優先度通信を行うことを特徴とする請求の範囲6. に記載の通信制御システム。

[19] 異なる通信局にある高優先度通信手段の間で認証を行い、認証された通信局間で通信を可能にする認証手段を有することを特徴とする請求の範囲6. に記載の通信制御システム。

[20] 前記認証手段は、

自局に固有の電子的な私有鍵から他の通信局との間で交換する電子的な公開鍵を生成する公開鍵生成手段と、

生成した公開鍵を全通信局宛に同報通知する鍵送信手段と、

他の通信局から受信した公開鍵と自局の私有鍵から当該通信局との間の固有な電子的な共通鍵を生成し、共通鍵は通信局毎に生成し、生成した共通鍵を保持する共通鍵生成手段と、

生成した共通鍵を用いてパケットの暗号化またはパケットへの認証値の付加の少なくともいずれかを行い、暗号化したパケットまたは認証値を付加したパケットの少なくともいずれかを送信する認証パケット送信手段と、

受信したパケットを前記共通鍵を利用した復号化、または前記共通鍵とパケットに付加された認証値による受信可否の判断の、少なくともいずれかを行う認証パケット受信手段と、

を有することを特徴とする請求の範囲19. に記載の通信制御システム。

[21] 前記共通鍵生成手段は、Differ-Hellman法を用いて私有鍵と公開鍵から共通鍵を

生成することを特徴とする請求の範囲20. に記載の通信制御システム。

- [22] 前記私有鍵を所定時間毎に変えることにより前記共通鍵を更新する鍵更新手段と、  
、  
更新直前の共通鍵と最新の共通鍵を保存し、パケット受信時に最新の共通鍵を用いて認証値の確認を行い、この確認が不正とされた場合は、更新直前の共通鍵を用いて認証値の確認を行う確認手段と、  
認証値の正当性を確認することができた前記更新直前の共通鍵または最新の共通鍵のいずれかを用いて、パケットの復号化を行う復号化手段と、  
を有することを特徴とする請求の範囲20. に記載の通信制御システム。
- [23] インターネットプロトコルに従って通信経路の経路制御を行うルータを前記通信経路上に設け、前記通信経路が前記ルータで相互接続された複数のサブネットワークから構成されていることを特徴とする請求の範囲1、2、6. のいずれかに記載の通信制御システム。
- [24] 前記サブネットワーク上には唯一のマスタ局が存在し、このマスタ局は、自局と自局が属するサブネットワーク上に存在する他の全通信局との間の経路状態情報と、自局が属さないサブネットワーク上に存在するマスタ局との間の経路状態情報を含むネット間診断フレームを送信し、  
前記マスタ局とそれ以外の通信局を含む複数のサブネット上の全ての各通信局は、  
、  
自局から他の各通信局までの通信経路が健全であるかどうかを示す経路状態情報を保持する経路状態格納手段と、  
前記ネット間診断フレームに含まれた経路状態情報をもとに、自局と自局が属さないサブネットワーク上に存在する通信局との間の経路状態を前記経路状態格納手段に登録する診断メッセージ受信手段と、  
経路状態格納手段にある情報に従って、前記主経路と副経路のいずれかを選択してデータの送信を行うデータ送信手段と、  
を有することを特徴とする請求の範囲23. に記載の通信制御システム。
- [25] サブネットワーク上に存在する全通信局のネットワークアドレスのリストを作成し、リス

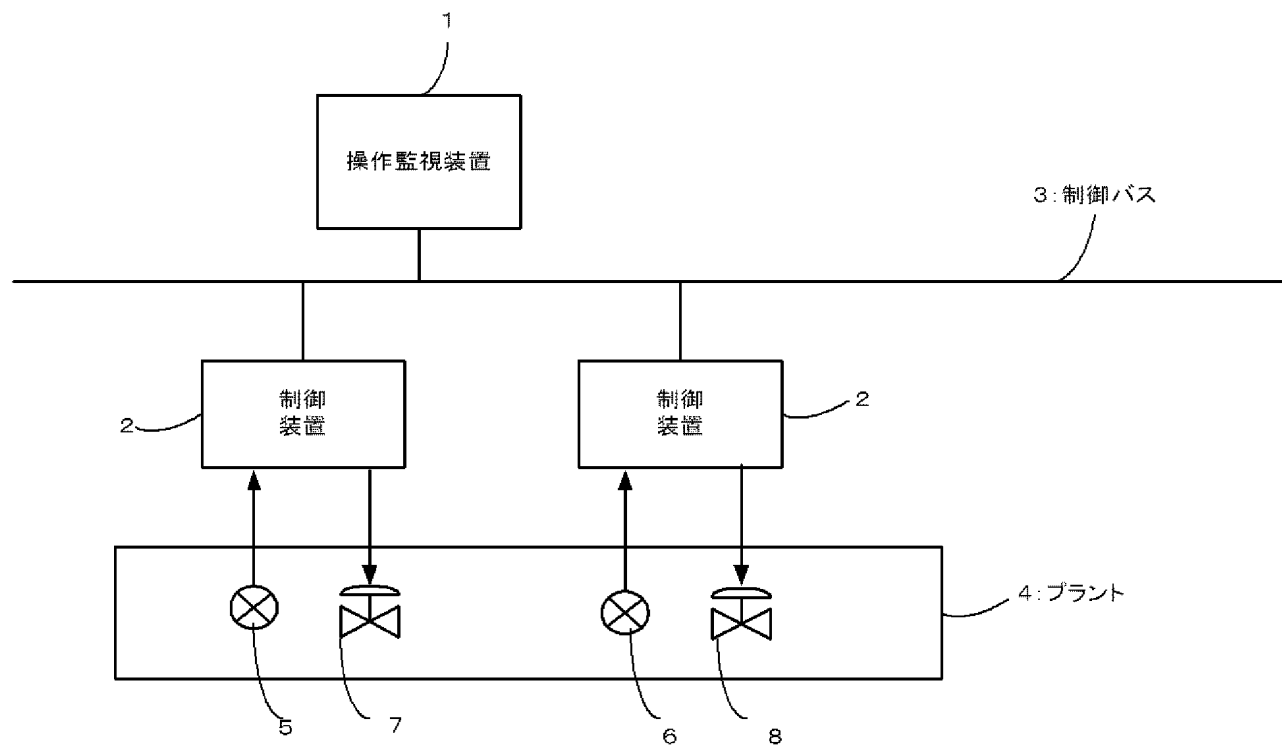


トの中で、自局のアドレスが所定の条件から一義的に決められるアドレスである場合、自局を当該サブネットワークにおけるマスタ局として動作させる選出手段を有することを特徴とする請求の範囲24. に記載の通信制御システム。

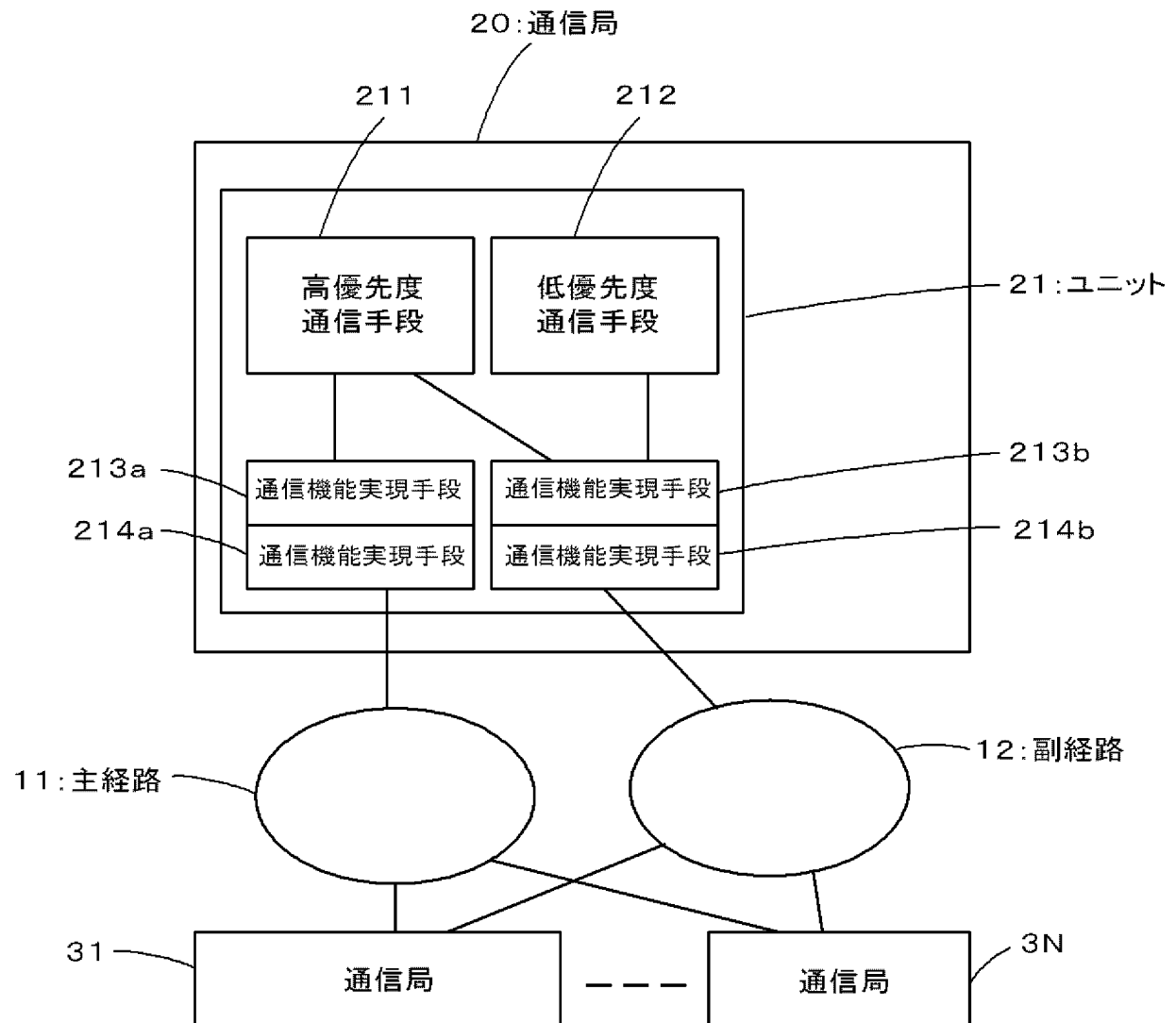
[26] 前記高優先度通信手段はプロセス制御専用のプロトコルに従って通信を行い、前記低優先度通信手段はオープンな標準プロトコルに従って通信を行うことを特徴とする請求の範囲1、2、6. のいずれかに記載の通信制御システム。

[27] 前記高優先度通信手段は、プロセスデータ、操作量、アラームの少なくともいずれかを転送し、前記低優先度通信手段は、画像データ転送、ファイル転送、メッセージ転送の少なくともいずれかを行うことを特徴とする請求の範囲1、2、6. のいずれかに記載の通信制御システム。

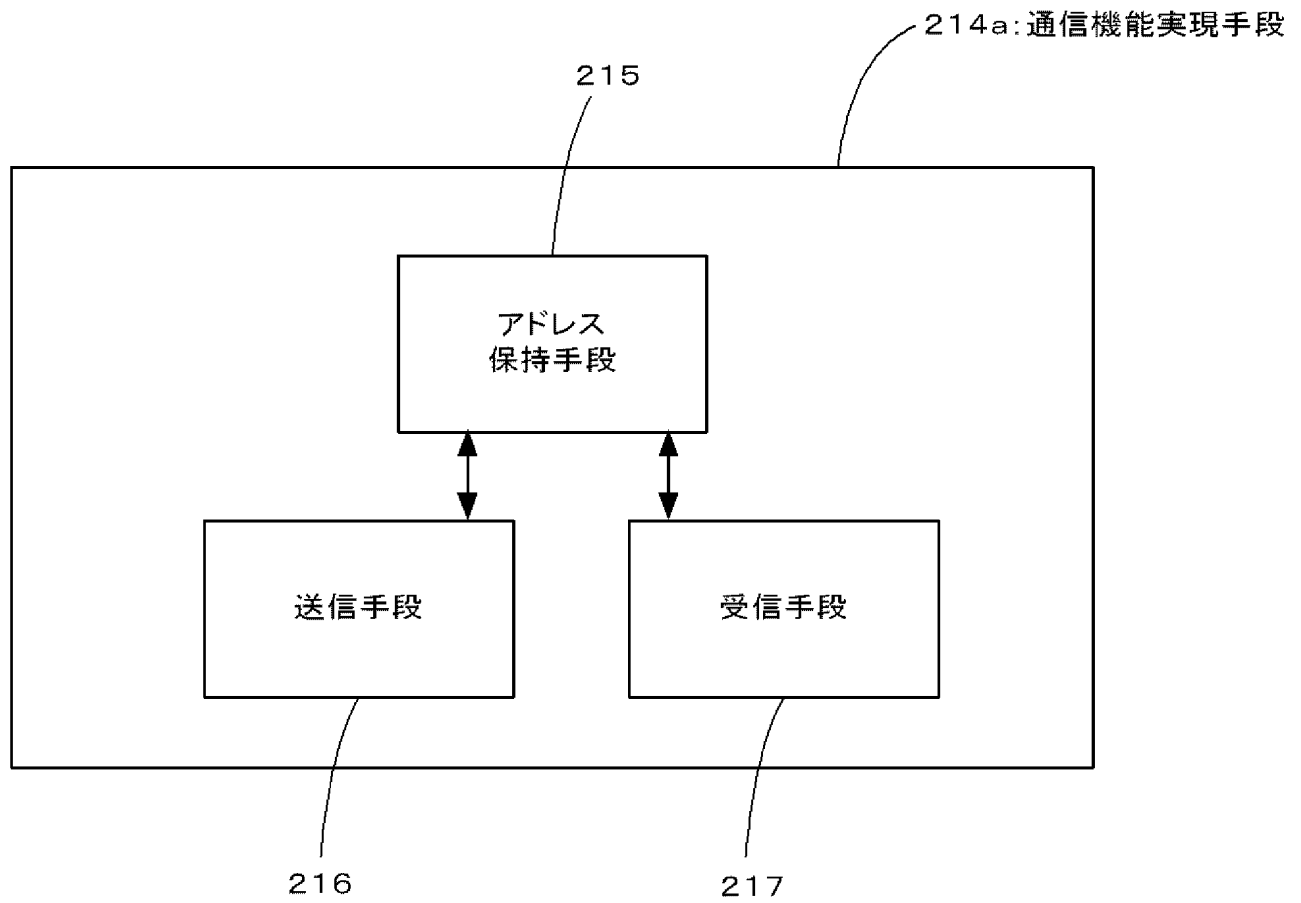
[図1]



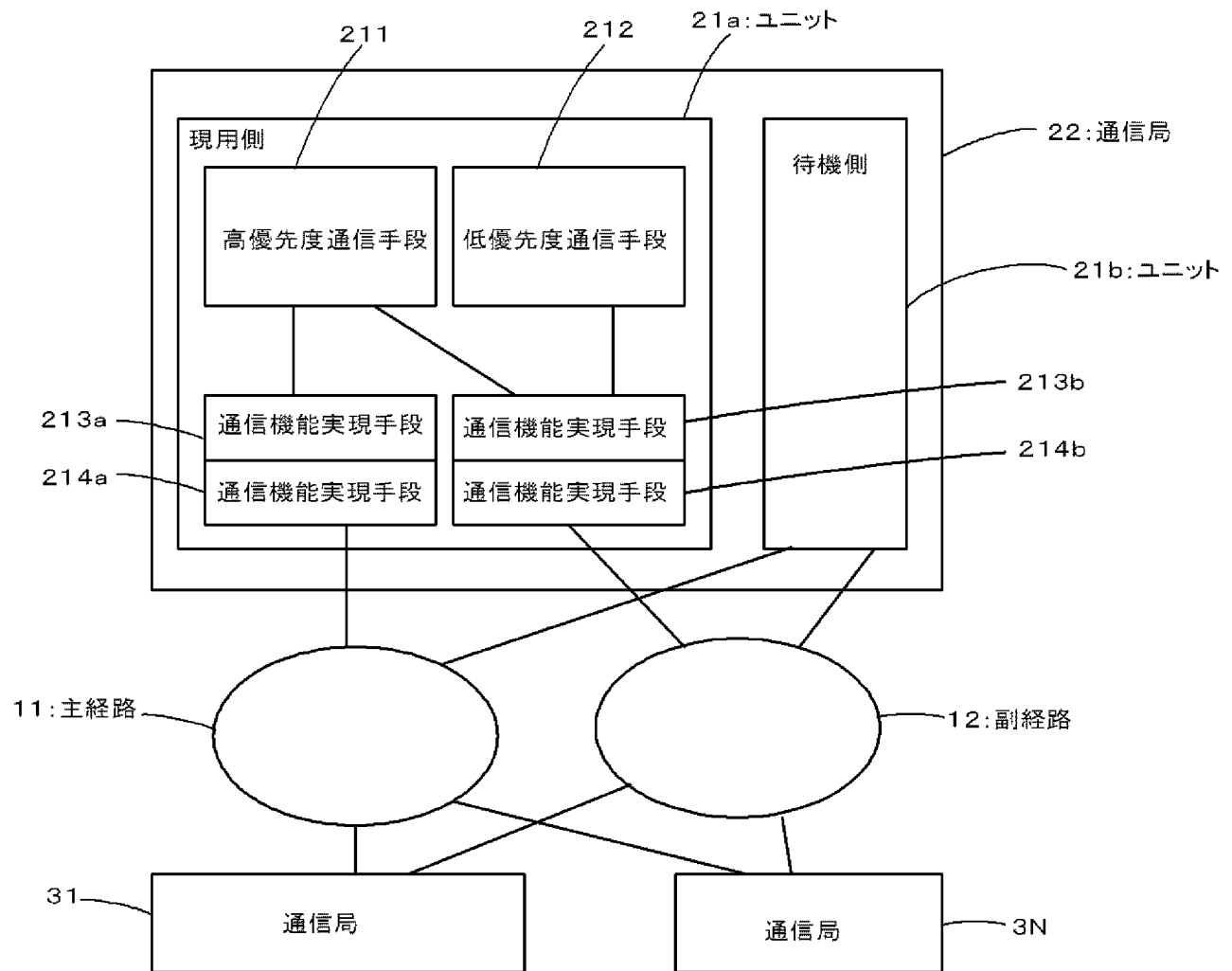
[図2]



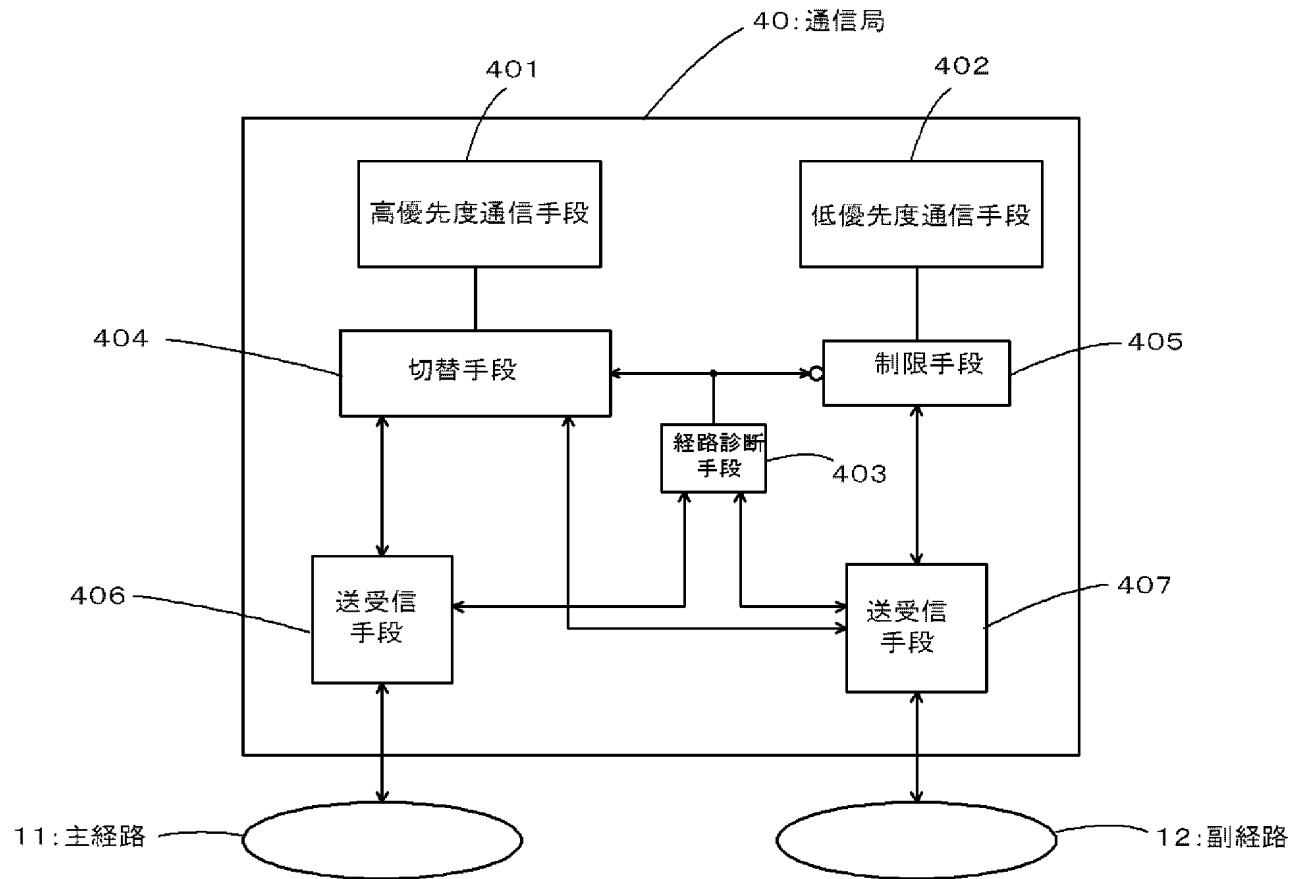
[図3]



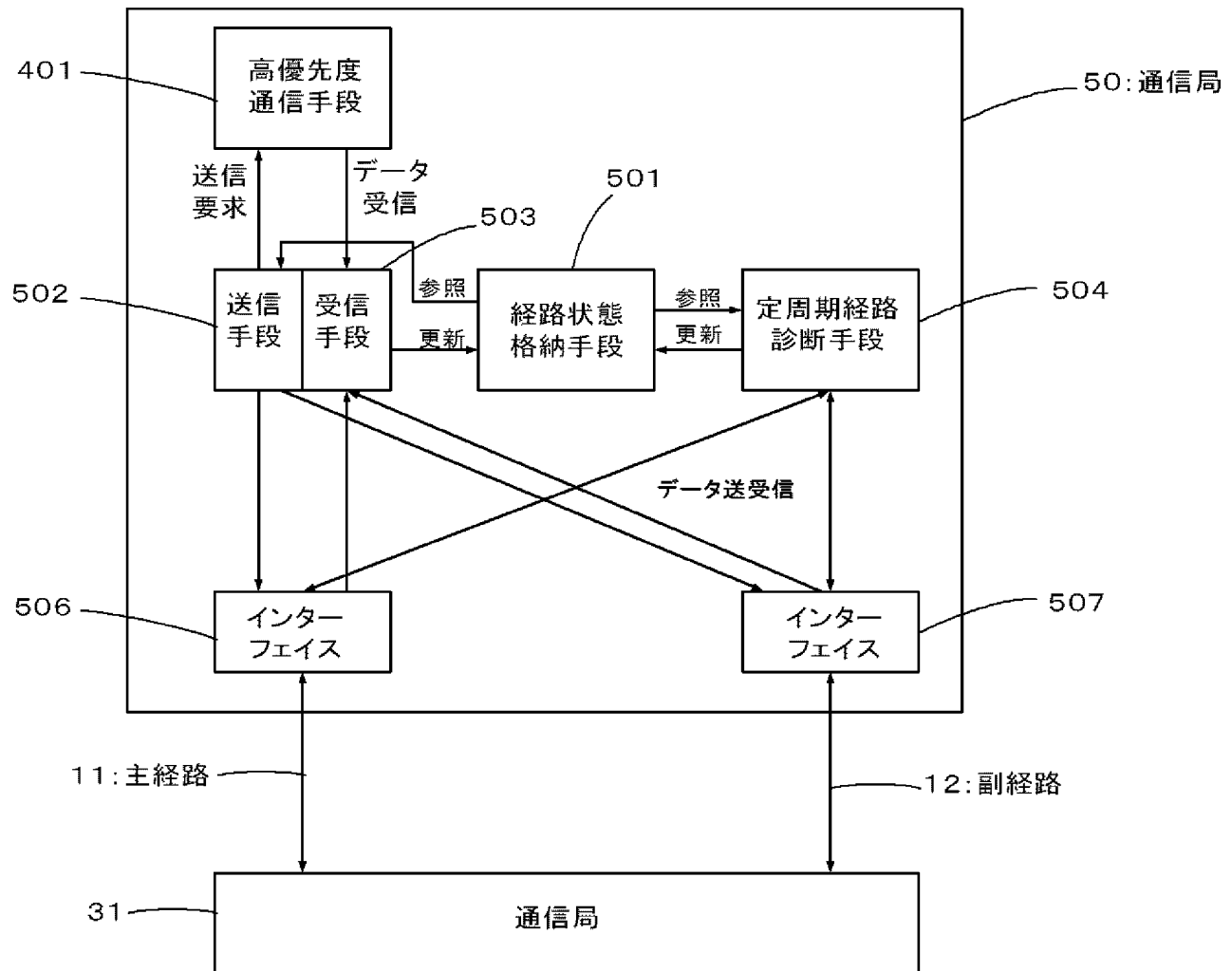
[図4]



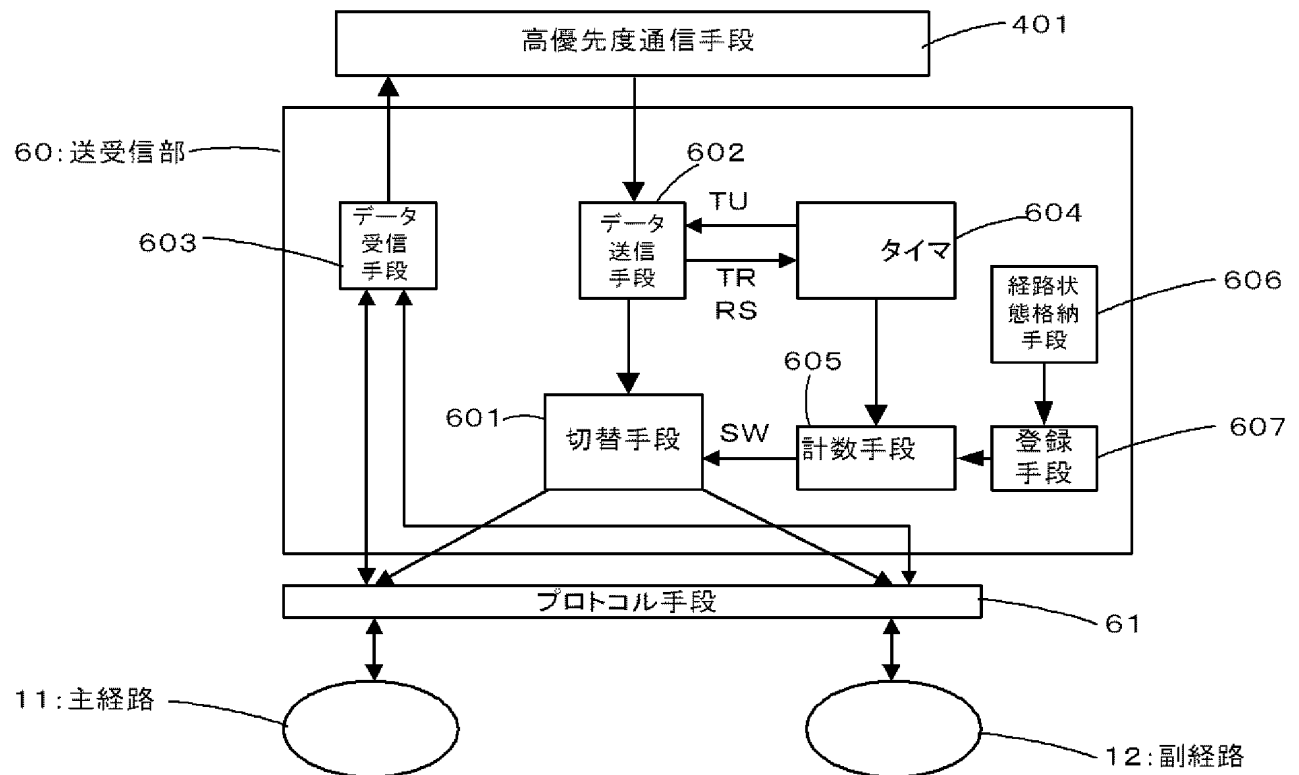
[図5]



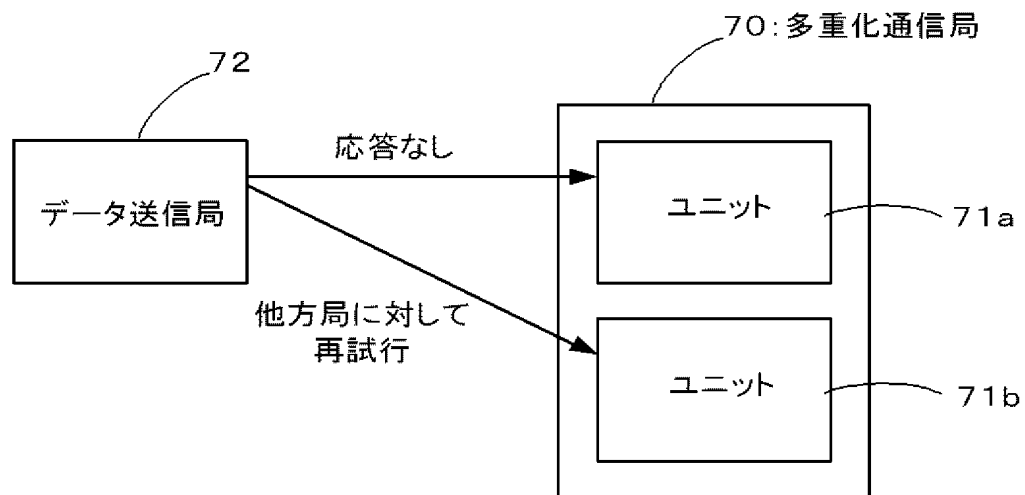
[図6]



[図7]

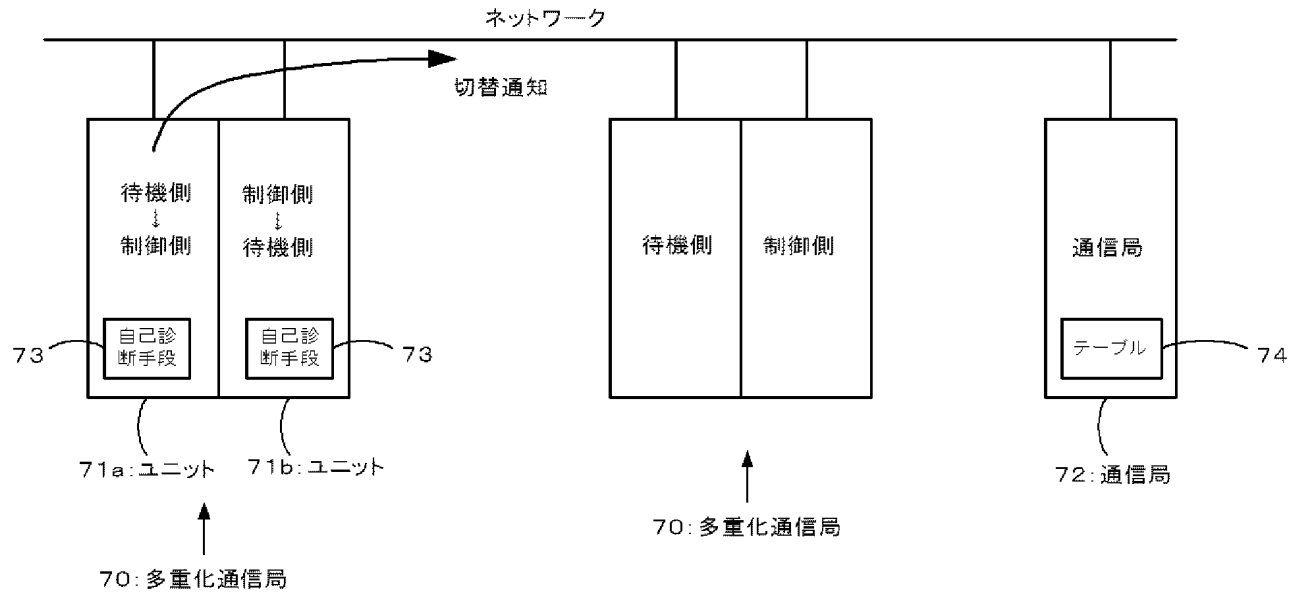


[図8]

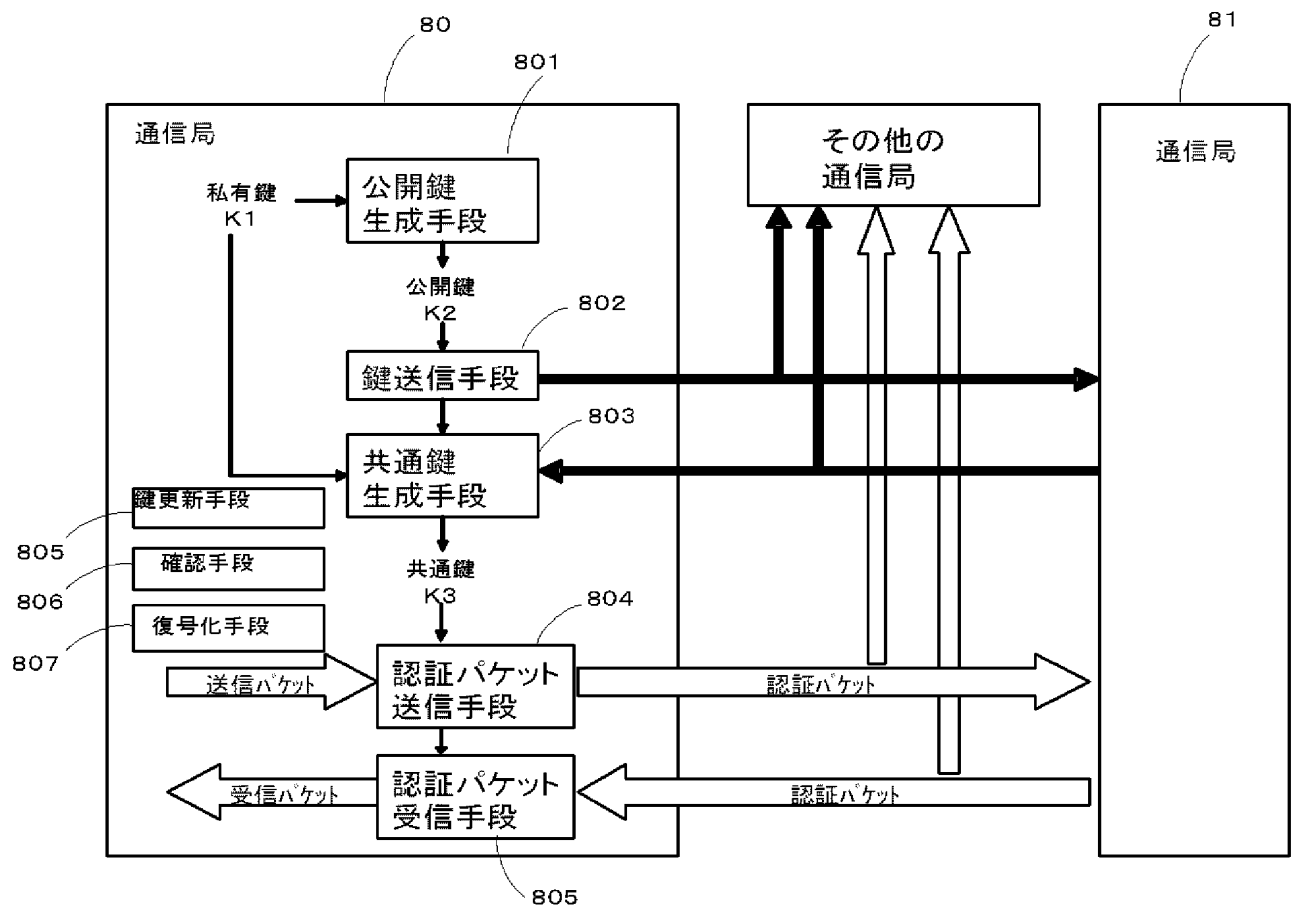




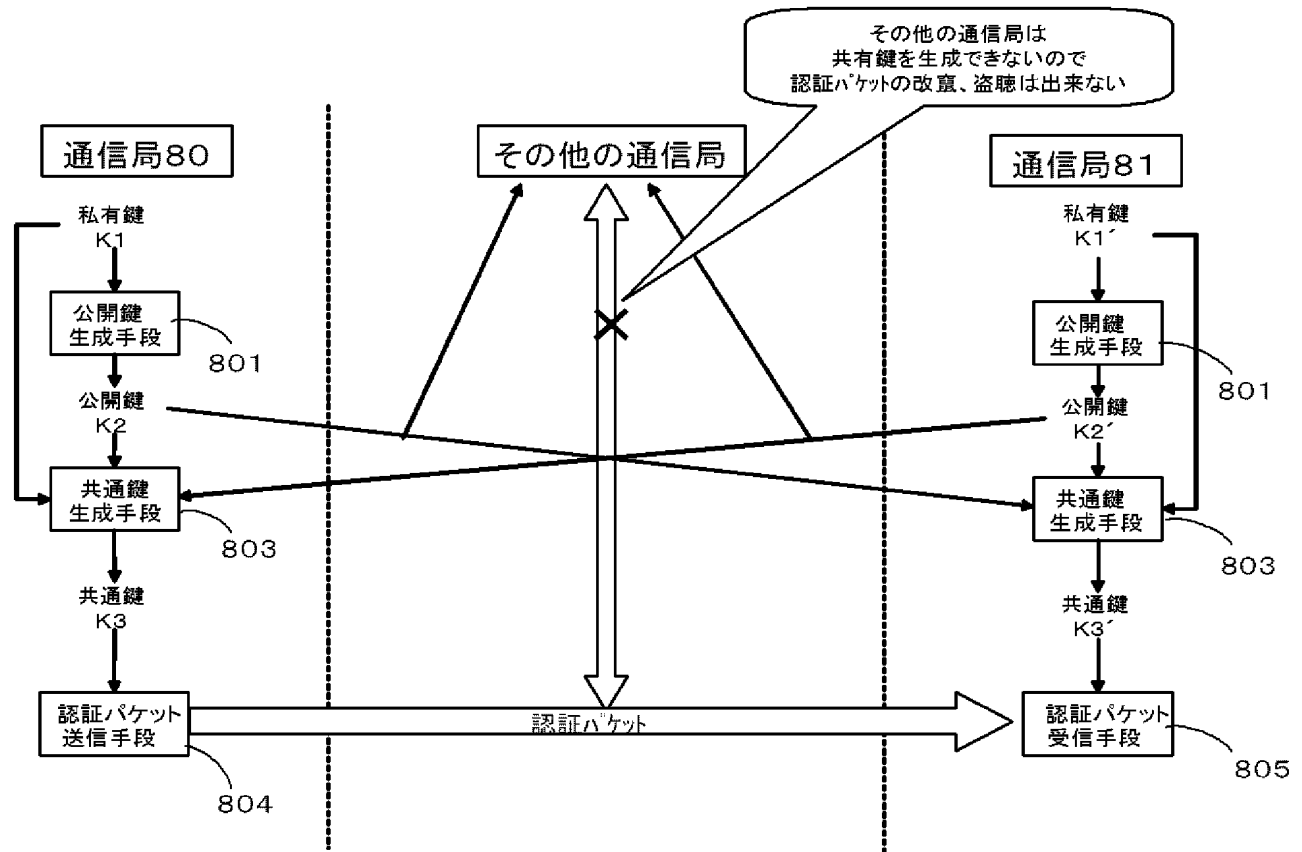
[図9]



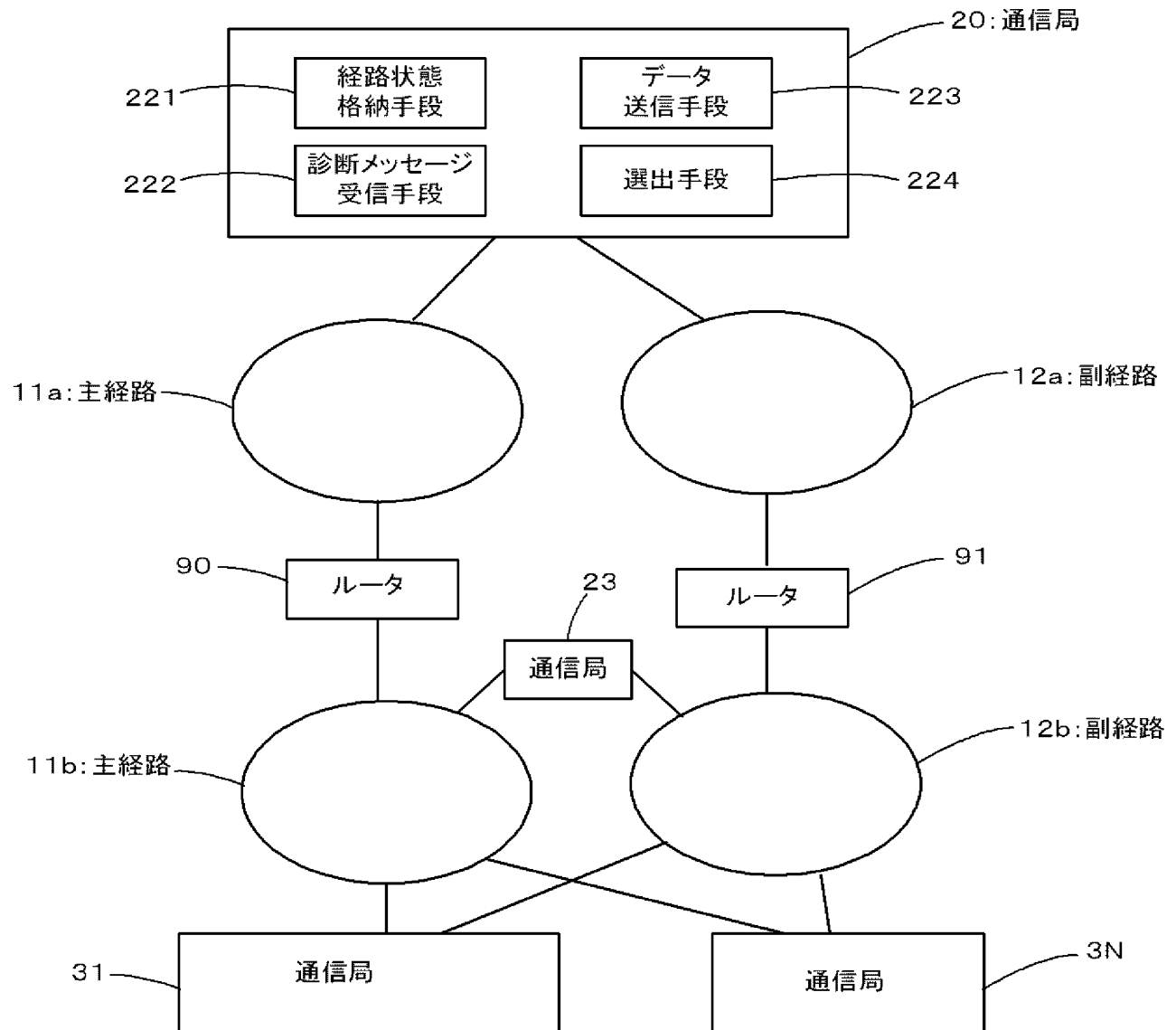
[図10]



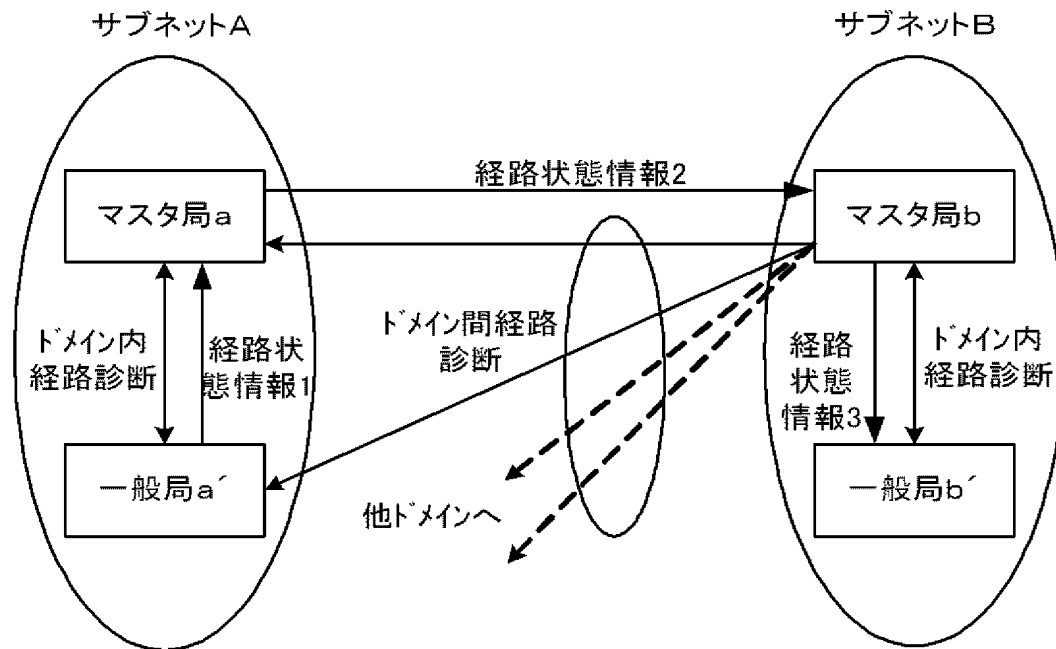
[図11]



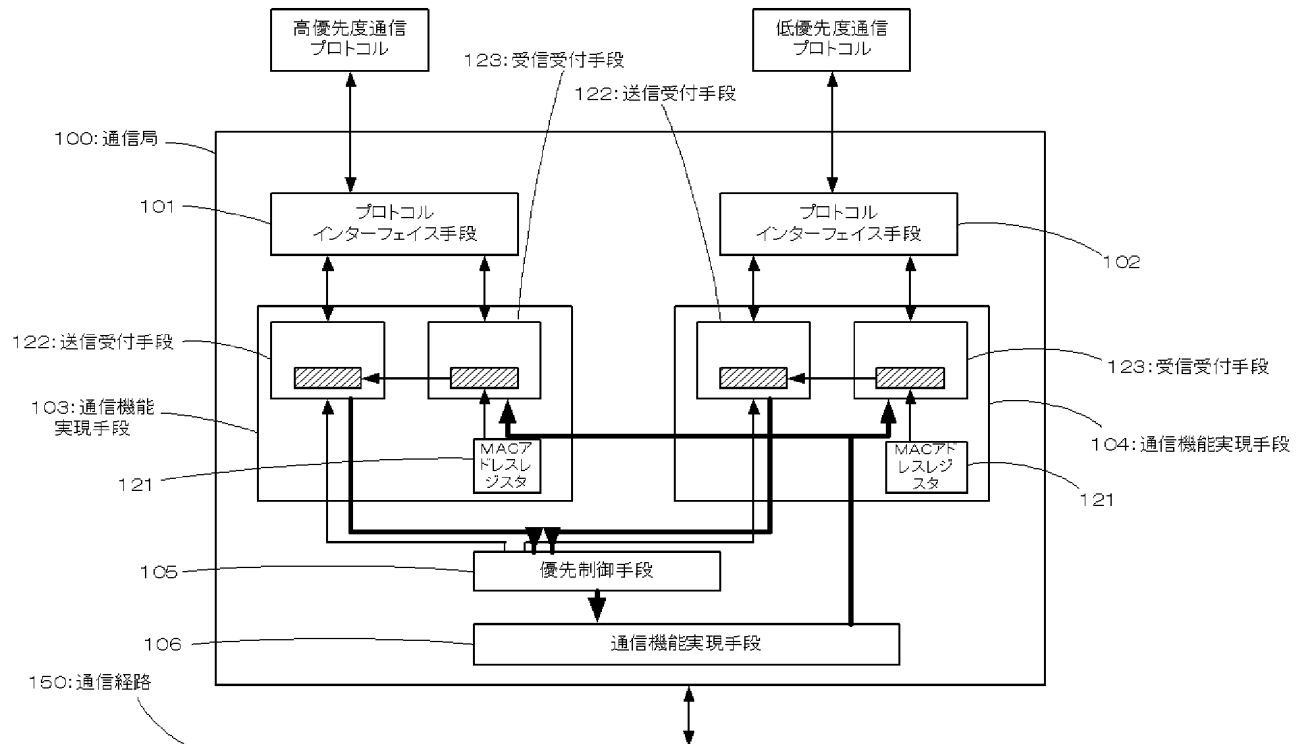
[図12]



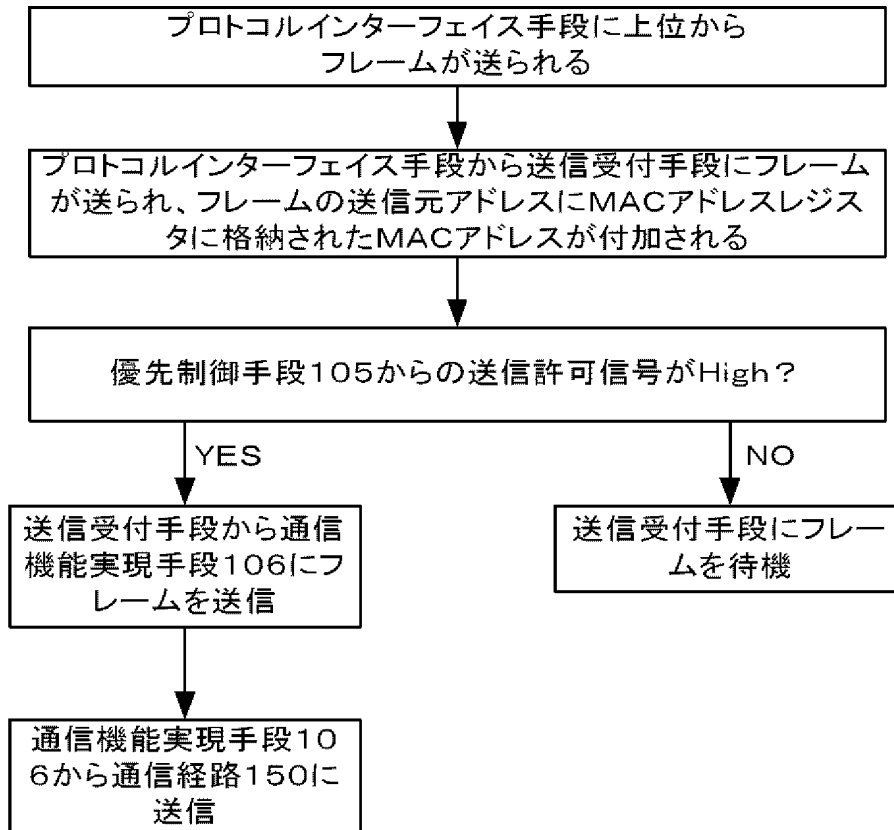
[図13]



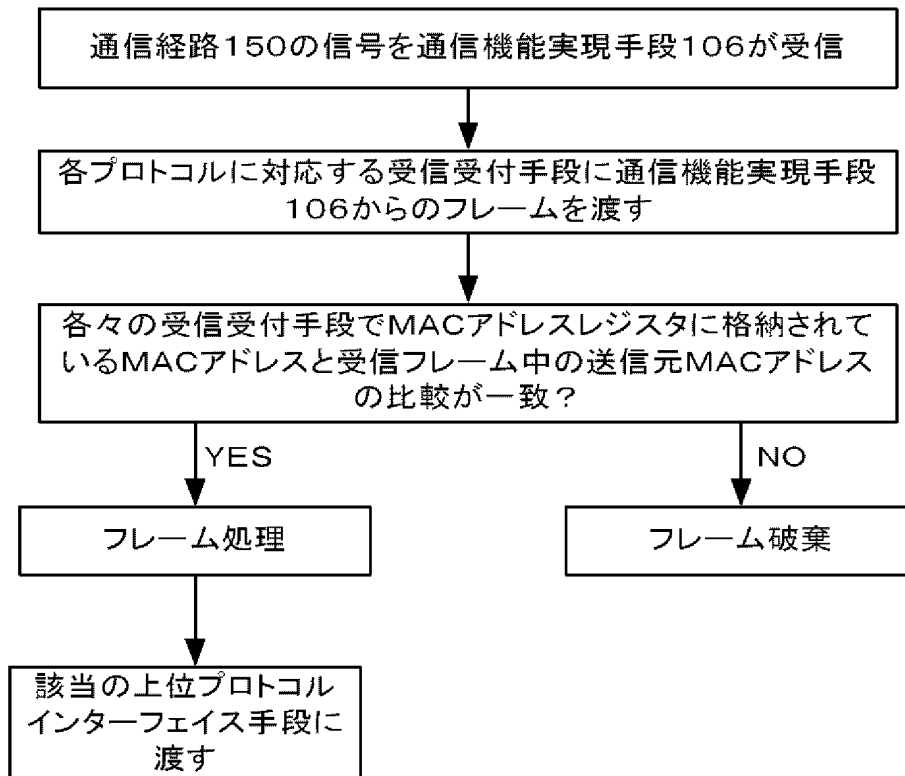
[図14]



[図15]



[図16]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011537

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H04L12/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H04L12/00-12/66, H04L1/00, 1/08-1/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2000-4275 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 07 January, 2000 (07.01.00), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	6 1, 2, 7, 8, 10-12, 15-27 3-5, 9, 13, 14
Y A	JP 2003-69588 A (NEC Corp.), 07 March, 2003 (07.03.03), Claim 6; Par. Nos. [0026], [0027]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1, 2, 6-8, 10-12, 15-27 3-5, 9, 13, 14
Y A	JP 7-7516 A (Mitsubishi Electric Corp.), 10 January, 1995 (10.01.95), All pages; Figs. 1 to 12 (Family: none)	1, 2, 6-8, 10-12, 15-27 3-5, 9, 13, 14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
04 November, 2004 (04.11.04)

Date of mailing of the international search report  
22 November, 2004 (22.11.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/011537

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y  A	JP 10-322377 A (NEC Corp.), 04 December, 1998 (04.12.98), Par. Nos. [0021] to [0024]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1, 2, 6-8, 10-12, 15-27 3-5, 9, 13, 14

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1<sup>7</sup> H04L12/28

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1<sup>7</sup> H04L12/00-12/66Int. C1<sup>7</sup> H04L 1/00, 1/08-1/24

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996

日本国公開実用新案公報 1971-2004

日本国実用新案登録公報 1996-2004

日本国登録実用新案公報 1994-2001

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 2000-4275 A (沖電気工業株式会社) 2000. 01: 07, 全文, 図1-6 (ファミリーなし)	6
Y		1, 2, 7, 8, 10-12, 15-27
A		3-5, 9, 13, 14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 11. 2004

国際調査報告の発送日

22.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J-P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮 島 郁 美

5 X

8 5 2 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3595



C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2003-69588 A (日本電気株式会社) 2003.03.07, 【請求項6】, 【0026】, 【0027】, 図1-4 (ファミリーなし)	1, 2, 6-8, 10-12, 15-27
A		3-5, 9, 13, 14
Y	J P 7-7516 A (三菱電機株式会社) 1995.01.10, 全頁, 図1-12 (ファミリーなし)	1, 2, 6-8, 10-12, 15-27
A		3-5, 9, 13, 14
Y	J P 10-322377 A (日本電気株式会社) 1998.12.04, 【0021】-【0024】, 図1-4 (ファミリーなし)	1, 2, 6-8, 10-12, 15-27
A		3-5, 9, 13, 14